

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



Eficacia de nematicidas biológicos para el control de nematodos de los nódulos *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood, en lechuga (*Lactuca sativa* L.) tipo Baby sucrine, bajo condiciones de macrotúnel.

POR

Flor Liliana Pivaral Chavez

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO
DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

TORREÓN, COAHUILA

OCTUBRE DE 2021.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Eficacia de nematocidas biológicos para el control de nematodos de los nódulos radiculares *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood, en lechuga (*Lactuca sativa* L.) tipo Baby sucrine, bajo condiciones de macrotúnel.

POR

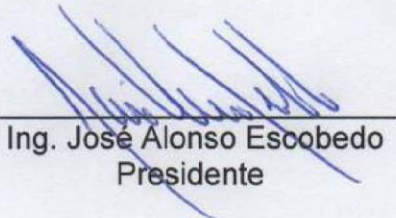
Flor Liliana Pivaral Chavez

TESIS

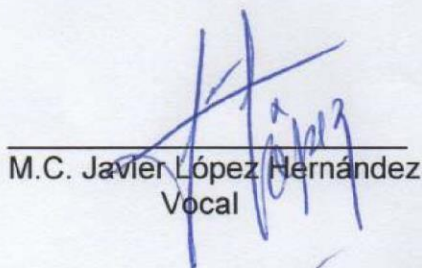
**Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador como
requisito parcial para obtener el título de:**

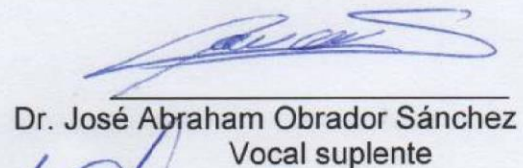
INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

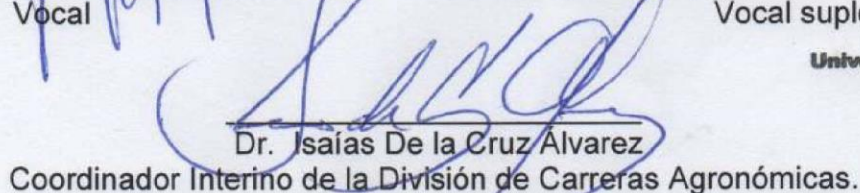
Aprobada por:


Ing. José Alonso Escobedo
Presidente


Dr. Alfredo Ogaz
Vocal


M.C. Javier López Hernández
Vocal


Dr. José Abraham Obrador Sánchez
Vocal suplente


Dr. Isaías De la Cruz Alvarez
Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas.

Torreón Coahuila, Mexico. Octubre 2021

Universidad Autónoma Agraria
ANTONIO NARRO



**COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN
DE CARRERAS AGRONOMICAS**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRÓNOMICAS

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Eficacia de nematicidas biológicos para el control de nematodos de los nódulos radiculares *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood, en lechuga (*Lactuca sativa* L.) tipo Baby sucrine, bajo condiciones de macrotúnel

POR:


Flor Liliana Pivaral Chavez


TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:


INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

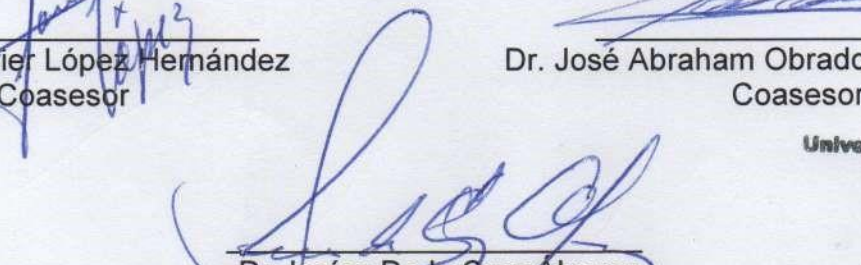
Aprobada por:


Ing. José Alonso Escobedo
Asesor principal

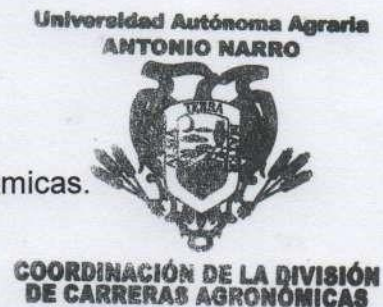

Dr. Alfredo Ogaz
Coasesor


M.C. Javier López Hernández
Coasesor


Dr. José Abraham Obrador Sánchez
Coasesor


Dr. Isaías De la Cruz Alvarez
Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas.

Torreón, Coahuila, México.
Octubre 2021.



AGRADECIMIENTOS

A Dios, primeramente, por darme vida, salud y fuerzas para poder terminar una etapa más llena de éxito y sabiduría, por ayudarme cuando más lo necesitaba y por guiarme por un buen camino.

A mi Alma Terra Mater por la sabiduría que me brindó durante los años de mi formación académica.

A mis padres, el señor Tereso Pivaral López y la Sra. Floriselda Chávez Roblero que estuvieron en todo momento cuando más los necesitaba, por los consejos que me dieron que me han servido de mucho.

Al **ing. José Alonso Escobedo**, por las materias que me impartió, por ser un gran maestro, y por ser mi asesor de tesis, gracias.

A mis **asesores de tesis**, Dr. Alfredo Ogaz, Ingeniero Javier López, por sus consejos y por ser mi tutor durante mi formación en la universidad, al Dr. José Abraham Obrador Sánchez por el conocimiento brindado. Gracias por el apoyo que me brindaron para poder terminar satisfactoriamente la tesis.

A la **Ing.** Gabriela Muñoz Dávila, por ser el apoyo brindado en el laboratorio de parasitología.

A la **C.** Graciela Armijo Yerena por ser tan paciente, brindar amabilidad y apoyo cuando lo necesitaba.

A los **maestros**, Ing. Bertha Alicia Cisneros Flores, Dr. Francisco Javier Sánchez Ramos, Biólogo Claudio Ibarra Rubio, Lic. Beatriz Arias Díaz,

Lic., Profesora Esmeralda Santiago Choy, Lic. José Beydi Muñoz Santos, Lic. Anel Jazmín Gutiérrez Ordoñez, Profesor Florencio Verdugo Pérez, QFB. Francisco Javier Candelaria Morales, Ing. Mauricio García Rodríguez. A todos ellos muchas gracias por el conocimiento que me otorgaron.

DEDICATORIA

A mis **padres**, a ellos les debo lo que he logrado y estoy por lograr por el apoyo que me brindaron todos los días, por ayudarme a cumplir mis metas y estar conmigo cuando los necesitaba.

A mis **hermanos (as)**, Dalia, Alexis Gabriel, Mireya Anahí, Yetzani Irazú y Leyver Obed.

A mis **abuelitas**, Clementina Roblero Ramírez y Luvia López Bravo, por sus consejos que me servirán para toda la vida

Al **Dr.** Rafael Vázquez Marroquín y **Dra.** Alejandra Zambrano Náfate por la ayuda que me dieron y tratarme con amabilidad.

Ing. Alexis Gabriel Pivaral Chávez, por estar siempre conmigo, por los consejos y regaños que me brindó, ahora me doy cuenta qué lo hacías por mi bien. Muchas gracias.

A **personas valiosas**, (Leonel Tepozteco, por estar en momentos más difíciles y apoyarme), Josué Ramos, Miguel Méndez Kenia Vázquez y Alina Vázquez, por estar en momentos más importantes de mi vida

A mis **amigos**, Miranda Hernández, Darío Sánchez, Didier Aguilera, Alexis Pérez, Martín Lara, René Hernández, Jordán Romero, Leonel Pérez, Pedro Coyote y Anibar Pérez, gracias por su amistad.

RESUMEN

El presente trabajo experimental se llevó a cabo en un macrotúnel localizado en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN-UL), durante el ciclo primavera – verano del año 2021, consistiendo en la evaluación de los siguientes productos: Abamectina (Abaneem 180), *Bacillus thuringiensis* var. Kurstaki (Dipel DF), *Paecilomyces lilacinus* (Chimal 6.53 PH) en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.), en comparación con un testigo sin aplicación, para evaluar el vigor de las plantas como son: diámetro de la base del tallo, longitud y peso de la raíz, longitud y peso del follaje e índice de agallamiento por ataques del nematodo agallador o de los nódulos radiculares *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood, a los 40 días después de la emergencia de las plantas de lechuga.

Se utilizó un diseño experimental en diseño completamente al azar conformado por 4 tratamientos y 4 repeticiones; cada unidad experimental consistió en 6 macetas con una capacidad de 3 kg de suelo infectado, para un total de 24 macetas por cada tratamiento, teniendo así un total de 96 unidades.

Los resultados finales se evaluaron mediante la comparación de medias en la prueba de Tukey, se obtuvieron los siguientes resultados: el diámetro del tallo señaló que los tallos de las plantas con el tratamiento de *Bacillus thuringiensis* tuvo un mejor diámetro del tallo con una media de 7.60 mm, seguido de Abaneem 180, continuando con el testigo con una media de 6.13 mm y por último el *Paecilomyces lilacinus* obteniendo una media de 6.04 mm. Las plantas con el tratamiento *Bacillus thuringiensis* obtuvo una media de 7.95 cm, valor más alto

de la longitud de la raíz, seguido de y Abaneem 180 con 7.34 cm, posteriormente fue el testigo con una media de 6.91 cm y por último el *Paecilomyces lilacinus* con una longitud de 6.95 cm. *Bacillus thuringiensis* tuvo la media más alta en la longitud del follaje con una media de 16.27 cm, seguido de Abaneem 180 con una media de 16.20 cm de longitud, el testigo presentó una media de 15.56 cm y *Paecilomyces lilacinus* una media de 15.20 cm. En la evaluación del peso del follaje, el Abaneem 180 fue el más alto con una media de 23.26 g, le siguió el *Bacillus thuringiensis* con una media de 23.21 g, posteriormente el tratamiento con *Paecilomyces lilacinus* con una media de 21.95 g y posteriormente el Testigo presentando una media de 16.86 g de peso del follaje. La evaluación del peso de la raíz muestra que *Paecilomyces lilacinus* con una media de 2.63 g, seguido de Abaneem 180 con una media de 2.56 g, *Bacillus thuringiensis* con una media de 2.37 g y el testigo con una media de 2.29 g. De acuerdo con la evaluación del índice de agallamiento, testigo obtuvo una media de 13.26, mientras que el resto de los tratamientos mostraron valores estadísticamente iguales; los tratamientos con *Bacillus thuringiensis* y *Paecilomyces lilacinus* presentaron una media de 1.34, demostrando que fue mejor el Abaneem 180 una media de 0.95 de índice de agallamiento radicular.

Palabras clave: *Meloidogyne incógnita*, Abaneem, *Paecilomyces*, *Bacillus thuringiensis*, Nematodos.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA	iii
RESUMEN	iv
ÍNDICE	vi
ÍNDICE DE CUADROS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
I. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Origen	4
2.2 Características generales de la lechuga	4
2.2.1 Clasificación taxonómica	4
2.3 Características morfológicas de la lechuga	4
2.3.1 Raíz	4
2.3.2 Tallo	5
2.3.3 Hoja	5
2.3.4 Flor	6
2.3.5 Fruto y semillas	6
2.4 Producción de lechuga en el mundo	6
2.5 Variedades o especies cultivadas	7
2.6 Valor nutricional	8
2.7 Usos	8
2.8 Producción de lechuga en México	9
2.9 Importancia del cultivo de lechuga en México	10
2.10 Importancia del cultivo de lechuga en La Comarca Lagunera	10
2.11 Consumo	10
2.12 Comercialización	11
2.13 Manejo del cultivo	11
2.13.1 Temperatura	11
2.13.2 Humedad	12

2.13.3 Suelos	12
2.13.4 Riego	12
2.13.5 Nutrición	13
2.14 Problemas fitosanitarios de la lechuga.....	13
2.14.1 Plagas que atacan al cultivo de la lechuga.....	13
2.14.2 Áfido de las solanáceas (<i>Macrosiphum euphorbiae</i> T.).....	14
2.14.3 Mosquita blanca (<i>Bemisia argentifolii</i> , Bellows and Perry).....	14
2.14.4 Mosca minadora (<i>Liriomyza huidrobensis</i> Blancard).....	15
2.14.5 Babosas y caracoles (<i>Rumina decollata</i> L.).....	15
2.15 Enfermedades que atacan al cultivo de lechuga.....	15
2.16 Enfermedades causadas por hongos	16
2.16.1 Moho blanco (<i>Sclerotinia sclerotium</i>).....	16
2.16.2 Marchitamiento fúngico (Damping off)	16
2.16.3 Oídio (<i>Erysiphe Cichoracearum</i> DC).....	17
2.17 Enfermedades causadas por virus.....	17
2.17.1 Virus de mosaico de la lechuga (Lettuce Mosaic virus [LMV]) ..	18
2.18 Enfermedades causadas por nematodos	19
2.19 Historia de los nematodos	20
2.20 Los nemátodos	20
2.21 Nematodos que afectan a la lechuga	21
2.21.1 <i>Pratylenchus penetrans</i> Coob (Nemátodo lesionado de la raíz)	21
2.21.2 <i>Rotylenchulus reniformis</i> L. y O. (Nematodo reniforme).....	21
2.22 Nematodos agalladores	22
2.22.1 Ubicación taxonómica	23
2.22.2 Características morfológicas del nematodo de los nódulos radiculares	23
2.22.3 Ciclo de vida	25

2.22.4 Daños y síntomas.....	26
2.22.5 Pérdidas por <i>Meloidogyne</i>	27
2.22.6 Hospederos.....	28
2.23 Índice de agallamiento	28
2.24 Manejo integrado de nematodos	30
2.25 Métodos de control.....	31
2.25.1 Control cultural.....	32
2.25.2 Barbecho.....	32
2.25.3 Inundación	33
2.25.4 Solarización	33
2.25.5 Rotación de cultivos	34
2.25.6 Variedades resistentes	34
2.25.7 Control biológico.....	35
2.25.8 Control químico.....	35
2.26 Productos para utilizar en el presente estudio.....	36
2.27 Neem (<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.)	36
2.28 Abamectina (Abaneem 180) (Abamectina + Neem)	37
2.29 <i>Bacillus thuringiensis</i>	38
2.30 <i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i> (DIPEL DF®).....	40
2.31 <i>Paecilomyces lilacinus</i>	41
2.32 <i>Paecilomyces lilacinus</i> (Chimal 6.53 PH).....	42
III. MATERIALES Y MÉTODOS	45
3.1 Ubicación geográfica de la Comarca Lagunera	45
3.2 Características del clima.....	45
3.3 Localización del experimento.....	45
3.4 Variedad utilizada	46
3.5 Diseño experimental.....	46
3.6 Muestreo de suelo	47
3.7 Siembra	47

3.8 Tratamientos	49
3.9 Emergencia	49
3.10 Riego	50
3.11 Labores culturales.....	50
3.12 Fechas de aplicaciones.....	51
3.13 Registro de datos	52
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	54
5.1 Vigor de las plantas.....	54
5.2 Diámetro del tallo	54
5.3 Longitud de la raíz.....	56
5.4 Longitud del follaje.....	57
5.5 Peso del follaje	59
5.6 Peso de la raíz.....	60
5.7 Índice de agallamiento radicular	62
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	64
VI. LITERATURA CITADA	66

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Información nutrimental de la lechuga	8
Cuadro 2. Producción de lechuga en México en toneladas	9
Cuadro 3. Distribución del diseño experimental completamente al azar utilizando para evaluar (Testigo), <i>Paecilomyces lilacinus</i> (Chimal 6.53 PH), <i>Bacillus thuringiensis</i> var. kurstaki (Dipel DF), Abaneem 180, aplicados para control del nematodo agallador (<i>Meloidogyne incognita</i>) en la UAAAN-UL, Torreón, Coahuila, México. 2021.	46
Cuadro 4. Tratamientos y dosis por evaluar en plantas de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) para el control del nematodo agallador de la raíz (<i>Meloidogyne incognita</i>) en la UAAAN-UL, Torreón, Coah., México. 2021.	48
Cuadro 5. Aplicaciones de los productos formulados: Abamectina (Abaneem 180), <i>Bacillus thuringiensis</i> var. kurstaki (Dipel DF) y <i>Paecilomyces lilacinus</i> (Chimal 6.53 PH).	51
Cuadro 6. Comparación de medidas en la evaluación de diámetro del tallo con las aplicaciones de cuatro tratamientos (<i>Bacillus thuringiensis</i> , Abaneem, <i>Paecilomyces lilacinus</i> y un testigo) en el cultivo de lechuga <i>Lactuca sativa</i> L. en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2021.	55
Cuadro 7. Comparación de medias en la evaluación de longitud de la raíz con las aplicaciones de cuatro tratamientos (<i>Bacillus thuringiensis</i> , Abaneem 180, <i>Paecilomyces lilacinus</i> y un testigo) en el cultivo de lechuga en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México 2021.	56
Cuadro 8. Comparación de medias de la evaluación a la longitud del follaje con cuatro tratamientos (<i>Bacillus thuringiensis</i> , Abaneem, 180, <i>Paecilomyces lilacinus</i> y el testigo sin aplicación) en el cultivo de lechuga <i>Lactuca sativa</i> L., en la UAAAN-UL Torreón Coahuila, México 2021.	58
Cuadro 9. Comparación de medias en la evaluación del peso del follaje con con las aplicaciones de cuatro tratamientos (<i>Bacillus thuringiensis</i> , Abaneem 180, <i>Paecilomyces lilacinus</i> y el testigo) en el cultivo de lechuga <i>Lactuca sativa</i> L., en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México, 2021.	59

Cuadro 10. Comparación de medias en la evaluación del peso de la raíz con la aplicación de cuatro tratamientos (*Bacillus thuringiensis*, Abaneem 180, *Paecilomyces lilacinus* y un testigo) en el cultivo de lechuga *Lactuca sativa* L., en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México 2021.61

Cuadro 11. Comparación de medias en la evaluación del índice de agallamiento radicular con la aplicación de los tratamientos (*Bacillus thuringiensis*, Abaneem 180, *Paecilomyces lilacinus* y un testigo) en el cultivo de lechuga *Lactuca sativa* L., en la UAAAN-UL Torreón Coah., México, 2021.62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución geográfica de la lechuga.....	7
Figura 2. Macetas con suelo para realizar el experimento	46
Figura 3. Productos utilizados durante el experimento (<i>Bacillus thuringiensis</i> , <i>Paecilomyces lilacinus</i> y Abaneem 180)	48
Figura 4. Primeras germinaciones de lechuga	49
Figura 5. Remoción de suelo	50
Figura 6. Aplicación de tratamientos al cultivo	51
Figura 7. Plantas de lechuga 27 días después de haber germinado	53
Figura 8. Evaluación de los datos.....	53
Figura 9. Medias en la evaluación de diámetro del tallo con las aplicaciones de cuatro tratamientos (Abaneem 180, <i>Bacillus thuringiensis</i> , <i>Paecilomyces lilacinus</i> y un testigo) en el cultivo de lechuga <i>Lactuca sativa</i> L. en la UAAAN-UL Torreón Coah., México 2021.....	56
Figura 10. Medias de la evaluación del diámetro de longitud de la raíz con la aplicación de los tratamientos (<i>Bacillus thuringiensis</i> , Abaneem 180, <i>Paecilomyces lilacinus</i> y el testigo) en el cultivo de lechuga <i>Lactuca sativa</i> L. en la UAAAN-UL Torreón Coah., México 2021.	57
Figura 11. Medias en la evaluación de longitud del follaje, con las aplicaciones de cuatro tratamientos (<i>Bacillus thuringiensis</i> , Abaneem 180, <i>Paecilomyces lilacinus</i> y el testigo) en el cultivo de lechuga <i>Lactuca sativa</i> L., en la UAAAN-UL Torreón Coah., México 2021.	59
Figura 12. Medias en la evaluación del peso del follaje, con las aplicaciones de cuatro tratamientos (<i>Bacillus thuringiensis</i> , Abaneem 180, <i>Paecilomyces lilacinus</i> y el testigo) en el cultivo de lechuga <i>Lactuca sativa</i> L., en la UAAAN-UL Torreón Coah., México 2021.....	60
Figura 13. Medias de evaluación del peso de la raíz, con la aplicación de cuatro tratamientos (<i>Bacillus thuringiensis</i> , Abaneem 180, <i>Paecilomyces lilacinus</i> y un testigo) en el cultivo de lechuga <i>Lactuca sativa</i> L., en la UAAAN-UL Torreón Coah., México, 2021.....	62

Figura 14. Medias de índice del agallamiento radicular, con la aplicación de cuatro tratamientos (*Bacillus thuringiensis*, Abaneem 180, *Paecilomyces lilacinus* y un testigo) en el cultivo de lechuga *Lactuca sativa* L., en la UAAAN-UL Torreón Coah., México, 2021.....63

I. INTRODUCCIÓN

La *Lactuca sativa* L., mejor conocida como lechuga, es una planta herbácea de sabor suave, por lo general, es de color verde intenso, que se va aclarando hacia el tronco y oscureciendo hacia la punta de la hoja. Su consumo usualmente es en fresco en infinidad de recetas y como base de ensaladas (SIAP, 2018).

El cultivo de la lechuga se remonta a una antigüedad de 2500 años, siendo conocida por los griegos y romanos. Las primeras lechugas de las que se tiene referencia son las de hoja suelta, aunque las acogolladas eran conocidas en Europa en el siglo XVI (Neri *et al.*, 2017).

La lechuga (*Lactuca sativa* L.) es una hortaliza originaria de Asia, es un ingrediente básico en dietas bajas en calorías. Desde el punto de vista nutricional es importante debido a su aporte de vitamina A (300 UI), minerales, calcio (3 mg), hierro (1.5 mg), magnesio (7 mg), fósforo (25 mg), potasio (100 mg), por cada 100 gr de producto consumido (Quintero *et al.*, 2000).

La lechuga se cultiva en suelo a campo abierto, bajo régimen de temporal o riego. En estos sistemas agrícolas convencionales los problemas generados por el uso excesivo de plaguicidas y fertilizantes y el cambio climático, entre otros, han obligado a la búsqueda de nuevas alternativas para la producción hortícola, tal como producción hidropónica, la cual disminuye el impacto ambiental ocasionado por fertilizantes. La producción en

invernaderos conduce a mejores rendimientos, calidad e inocuidad, lográndose con ello mayor oportunidad en el mercado (Lara *et al.*, 2019).

La lechuga como todo cultivo, es afectada por plagas, maleza y enfermedades, de las cuales las más importantes son las ocasionadas por bacterias y hongos que disminuyen considerablemente la calidad, lo que propicia menor producción comercializable y de menos competitividad, al mismo tiempo se incrementan los costos del cultivo por la aplicación de agroquímicos para el control de plagas y enfermedades (Delgado *et al.*, 2006).

Los nemátodos son denominados enemigos ocultos o invisibles debido a su pequeño tamaño y a que, cuando su efecto se hace evidente, el nivel poblacional de la plaga es alto. Estos organismos no solo debilitan las plantas y disminuyen los rendimientos por su acción directa sobre las raíces, sino que actúan también en complejos etiológicos que involucran a hongos, bacterias y virus (Gómez *et al.*, 2009).

Este cultivo se ve afectado por diversos patógenos, entre éstos, los nemátodos fitoparásitos pertenecientes al género *Meloidogyne Goeldi*. En Costa Rica, se ha encontrado que las especies *Meloidogyne hapla* Chitwood y *Meloidogyne incógnita* (Kofoid y White) Chitwood, parasitan la lechuga y pueden causar un severo daño a este cultivo (Castro y López, 1981).

La lechuga (*Lactuca sativa* L.) al ser atacada por nematodos, le causan daños a la planta en forma de moteado, clorosis, manchas,

achaparramiento, marchitez y pudrición, que merman los rendimientos y la calidad en el campo y el mercado (Stefanova y Hernández, 1999).

I. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen

La lechuga (*Lactuca sativa* L.), es originaria de la cuenca del Mediterráneo en la costa meridional, aunque hay quienes afirman que es originaria de la India o de Asia Central. Fue introducida en América por los primeros exploradores, y cultivada inicialmente en el área del Caribe (Ávila, 2015).

2.2 Características generales de la lechuga

2.2.1 Clasificación taxonómica

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Asterales

Familia: Asteraceae

Subfamilia: Cichorioideae

Tribu: Lactuceae

Género: *Lactuca*

Especie: *Lactuca sativa* L.

(Saavedra *et al.*, 2017).

2.3 Características morfológicas de la lechuga

2.3.1 Raíz

No se excede de los 60 cm de profundidad, es de tipo pivotante,

con una raíz principal que es gruesa en la parte de la corona y se va adelgazando a medida que gana profundidad. También posee varias ramificaciones laterales o raíces secundarias capaces de extenderse aproximadamente 15 a 20 cm alrededor y luego se dirigen hacia abajo (Espinoza, 2020).

2.3.2 Tallo

El tallo es de corto tamaño en su etapa vegetativa, forma cilíndrica, con crecimiento primario, por lo que es herbáceo. Soporta a la roseta de láminas foliares de este vegetal. Durante el periodo reproductivo de la planta de *Lactuca sativa* se vuelve más alargado para brindar soporte a las estructuras reproductivas, llegando a alcanzar hasta 1 m de altura aproximadamente (Espinoza, 2020).

2.3.3 Hoja

Las hojas sésiles están distribuidas en forma espiral, en una roseta densa alrededor del tallo corto. El desarrollo de la roseta puede continuar durante el periodo vegetativo de la planta como es en el caso de las lechugas de hoja, o formar una cabeza redondeada como en las escarolas y butterhead, o una cabeza enlogada como en el caso de Costinas o Romanas. Hay una considerable diversidad de colores, formas, tipo de superficies, márgenes y textura entre los diversos tipos de superficies, márgenes y textura entre los diversos tipos y formas de lechuga. Los grados de color verde de las hojas pueden variar desde oscuros a claros, pero la calidad de verde puede ser variado por tintes amarillentos. Además, la presencia de antocianinas puede estar en toda la hoja o en sectores dando tonalidades diferentes (Saavedra *et*

al., 2017).

2.3.4 Flor

Son amarillas. Pequeñas y se agrupan en un mismo nivel apical, naciendo sus pedúnculos a diferentes alturas del núcleo principal (Ávila, 2015).

2.3.5 Fruto y semillas

El fruto de la lechuga es de pequeñas dimensiones, de consistencia seca, indehiscente, de tipo aquenio, pero procedente de un ovario ínfero (cipsela), monospermo, el cual demora aproximadamente quince días en madurar. Las tonalidades del aquenio pueden ser oscuras, de color negro, gris o marrón, también claras, entre blanco o amarillo. El fruto posee en su parte superior un papus o vilano, que le permiten la dispersión por el viento (Espinoza, 2020).

2.4 Producción de lechuga en el mundo

La producción mundial de esta hortaliza se estima en 26 866 557 t anuales con un rendimiento promedio de 21.89 t ha. Los datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO), indican que el principal productor para esta especie es España, ya que exporta a más de 53 países superando las 900.000 toneladas anuales (Pertierra y Quispe, 2020).



Figura 1. Producción geográfica de lechuga (INFO DATA, 2020)

2.5 Variedades o especies cultivadas

En los últimos años, se cosecharon cuatro tipos y/o variedades de lechuga en el país: a) Baby leaf, es una variedad que presenta brotes tiernos que se recolectan cuando su tamaño aún es bastante pequeño (de ahí su nombre “baby”), entre ocho y 12 centímetros. Es una hortaliza considerada especial por estar orientada al segmento del mercado gourmet, por su diversidad de texturas y colores. Se produce en el estado de Baja California. b) Escarola, principalmente se siembra la de hojas rizadas, tiene un sabor ligeramente amargo que da ese toque especial. Es de fácil digestión, depurativa y diurética. Es la verdura con mayor contenido de ácido fólico. Esta variedad se produce con frecuencia en la Ciudad de México. c) Orejona, tiene sus hojas largas que abrazan el tallo, de textura crujiente y hermoso color verde oscuro, y como otras lechugas, alrededor del 17% es proteína. Los principales estados productores son Guanajuato y Puebla. d) Romana, es la variedad de lechuga más común, en forma de ovillo compacto, similar al de una cola; sus hojas son largas y redondas, crujientes y de sabor suave y

acuoso. Es la más utilizada en la presentación de tacos dorados, tostadas y sándwiches. Los estados de Guanajuato, Zacatecas y Aguascalientes destacan en su producción (SIAP, 2018).

2.6 Valor nutricional

La lechuga es fuente importante de vitaminas y minerales; es rica en calcio, hierro y vitamina A. Por otra parte, proporciona poca energía, proteína, ácido ascórbico tiamina, Rivo flavina y niacina.

Cuadro 1. Información nutrimental de la lechuga

Componente	Cantidad
Agua	88,9 g
Proteína	8,4 g
Calcio	0,4 g
Fósforo	0,14 g
Hierro	0,0075 g
Niacina	0,0013 g
Rivo flavina	0,0006 g
Carbohidratos	20,1 g
Tiamina	0,0003 g
Grasa	1,3 g
Vitamina A	1.155 U.I.

Fuente: (Avila, 2015).

2.7 Usos

Aunque los antiguos egipcios le atribuyeron propiedades afrodisiacas, para los romanos la lechuga era una planta capaz de causar somnolencia. En efecto, el lactocarium de la planta es narcótico y antiespasmódico y posee propiedades sedantes. Se ha consumido para tratar el insomnio, la ansiedad, la hiperactividad en los niños y hasta dolores reumáticos. Sin embargo, no se recomienda consumir la savia sin supervisión médica, porque una sobredosis tiene efectos perjudiciales para la salud. La

lechuga tiene una ventaja: solo se le puede comprar fresca. Tiene muchos usos en la cocina, y es un ingrediente común en varios tipos de ensaladas, pero también se consume sola como acompañamiento en sopas y envolviendo otros alimentos. Tiene muy pocas calorías, y en cambio es una buena fuente de vitamina K, vitamina A, folato, potasio, hierro, calcio y fósforo. Posee una textura crujiente y un sabor ligeramente dulce o un poco amargo, según la variedad (BioEnciclopedia, 2015).

2.8 Producción de lechuga en México

El Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) le ofrece información referente a la producción preliminar del año agrícola 2017. El volumen alcanzado de lechuga en 22 entidades fue de 466,803 toneladas, 6.1% más que en 2016. Se espera que la Intención de Siembra de lechuga para el año agrícola 2018 cubra una superficie de 22.4 mil hectáreas, con una producción a obtener de 521.6 toneladas, 11.7% arriba de lo logrado (SIAP, 2018).

Cuadro 2. Producción de lechuga en México en toneladas

Orden	Estado	Producción obtenida (ton)
1	Guanajuato	181,015
2	Zacatecas	79,963
3	Puebla	66,234
4	Aguascalientes	46,488
5	Baja California	31,480

6	Querétaro	23,905
7	Sonora	15,672
8	San Luis Potosí	14,590
9	Michoacán	13,644
10	Tlaxcala	13,525

(Olmo, 2019).

2.9 Importancia del cultivo de lechuga en México

El cultivo de lechuga se da en 22 estados de la República Mexicana, donde Guanajuato, Zacatecas y Puebla se colocan como los principales productores de esta verdura verde. En México, la producción de lechuga permite que esta verdura se encuentre disponible durante todo el año, pero hay mayor disponibilidad de ella en dos periodos: febrero a abril y julio a agosto (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2019)

2.10 Importancia del cultivo de lechuga en La Comarca Lagunera

La delegación de SAGARPA en la Región Lagunera registró en el año 2020 una superficie de 11 hectáreas de lechuga con una producción de 286 toneladas y con un valor de producción de \$ 1,297,400 (El Siglo de Torreón, 2020).

2.11 Consumo

El consumo de lechuga está ampliamente generalizado y es abundante en la dieta moderna. Según la encuesta nacional realizada en Argentina es una de las cinco hortalizas más consumidas. Dado que los vegetales, y en particular la lechuga, son una parte fundamental de la dieta (Llopart *et al.*, 2017).

2.12 Comercialización

Los principales productores de lechuga en el mundo durante el 2004 fueron: China con 1,050,500 mil t; EUA 4,507,46 mil t; España 1,048,325 mil t; México fue el décimo productor de esta hortaliza con 247,385 mil t. Los tres principales países exportadores fueron: España con 574,134 mil t; EUA con 439,906 mil t y los países Bajos 95,760 t; México ocupó el octavo lugar en esta lista. Los importadores fueron Alemania, Reino Unido, Canadá con 272,385, 193,104, 314,613 t respectivamente, en ese nivel México ocupó el quinceavo lugar.

Nuestro país contribuyó en 2004 con 2.9 % de las exportaciones mundiales, aportando 42,291 t, y en las importaciones con 4.8 %, un total de 72,915 t (FAO 2006). Tanto las importaciones como las exportaciones mexicanas de lechuga poseen una tendencia creciente, en mayor medida las primeras que pasaron de 20 mil t en 1990 a 73 mil t en 2004, mientras que las exportaciones aumentaron de 12 a 42 mil t en 1990 a 2004 (Bobadilla *et al.*, 2013).

2.13 Manejo del cultivo

2.13.1 Temperatura

Aunque existen variedades de lechuga que se adaptan mejor a climas templados y otras a climas cálidos, en general, es una especie que se adapta a las temperaturas bajas; las óptimas para el crecimiento son de 18 a 23 °C y la mínima durante el día y de 7 a 15 °C durante la noche, la temperatura máxima puede ser de 30 °C y la mínima que puede soportar es de hasta -6 °C (Martínez *et al.*, 2015).

2.13.2 Humedad

Tiene un requerimiento de agua mayor de 134 mm por ciclo y la humedad relativa para su mejor desarrollo es 60 a 80%, aunque puede tolerar menos de 60% (Martínez *et al.*, 2015).

2.13.3 Suelos

En general todos los suelos son adecuados para el cultivo de lechuga dada su alta adaptabilidad a suelos desde arenosos hasta arcillosos. Sin embargo, se desarrolla mejor en suelos franco-arcillosos o franco-arenosos, que presenten un alto contenido de materia orgánica y buen drenaje. La lechuga es tolerante a pH ácidos y es medianamente tolerante a la salinidad (Ávila, 2015).

2.13.4 Riego

Los mejores sistemas de riego, que actualmente se están utilizando para el cultivo de lechuga son, el riego por goteo (cuando se cultiva en invernadero), y las cintas de exudación (cuando el cultivo se realiza al aire libre). Existen otras maneras de regar la lechuga como el riego por gravedad y el riego por aspersión, pero cada vez más están más en recesión, aunque el riego por surcos permite incrementar el nitrógeno en un 20%. Los riegos se dan de manera frecuente y con poca cantidad de agua, procurando que el suelo quede aparentemente seco en la parte superficial, para evitar podredumbres del cuello y de la vegetación que toma contacto con el suelo. Se recomienda el riego por aspersión en los primeros días post-trasplante, para conseguir que las plantas se establezcan bien (INFOAGRO, 2010). Realizada la plantación, hay que regar profundamente un riego de 15 – 20

litros por metro cuadrado pueden servir como indicación. En días posteriores, se evitará que el taco se reseque, dando riesgos cortos y frecuentes (Invernal, 2010).

2.13.5 Nutrición

Los efectos nutricionales dependen de la influencia que ejerce cada nutriente en particular sobre los procesos fisiológicos y bioquímicos de la planta. Sin embargo, evaluar el efecto de los diferentes nutrientes resulta complejo, debido a que el metabolismo celular es regulado por la totalidad de los nutrientes absorbidos y por la intensidad de la asimilación fotosintética. El potasio mejora la calidad y duración del cultivo y también alivia las condiciones de estrés. Además, es activador de muchas enzimas que son esenciales en la fotosíntesis, respiración y síntesis de almidón, proteínas y está involucrado en el transporte de fotoasimilados. Asimismo, el K es un ion que desempeña un papel fundamental en la osmorregulación celular, y su deficiencia produce pérdida de turgencia y marchitamiento, más acentuado cuando hay déficit hídrico (Martinez y Garcés, 2010).

2.14 Problemas fitosanitarios de la lechuga

2.14.1 Plagas que atacan al cultivo de la lechuga

La lechuga como todo cultivo, es afectada por plagas, maleza y enfermedades, de las cuales las más importantes son las ocasionadas por bacterias y hongos que disminuyen considerablemente la calidad, lo que propicia menor producción comerciable y de menor competitividad, al mismo tiempo se incrementan los costos del cultivo por la aplicación de agroquímicos para el control de plagas y enfermedades (Delgado *et al.*, 2006).

2.14.2 Áfido de las solanáceas (*Macrosiphum euphorbiae* T.)

Los áfidos son una plaga muy común en el cultivo de la lechuga, aunque su incidencia varía según sus las condiciones climáticas durante el cultivo. Los daños producidos pueden ser directos, causados por picaduras y succiones que realizan en los tejidos, o de tipo indirecto como consecuencia de la transmisión de algunas enfermedades viróticas, el proceso de colonización suelen ser centrípeto, comenzando su instalación por las hojas exteriores y avanzando hacia el interior (Syngenta, 2018).

Las ninfas y adultos de los pulgones extraen nutrientes de la planta y perturban el equilibrio de las hormonas de crecimiento de esta. Como resultado el crecimiento de la planta se ralentiza y provoca la deformación de las hojas o, si la infestación se produce suficientemente pronto en la temporada, la necrosis de las plantas jóvenes. El retraso en el crecimiento y la defoliación disminuyen la cosecha (Koppert, 2021).

Macrosiphum euphorbiae T. posee gran polifagia; alimentándose de 200 especies vegetales en más de 20 familias y con capacidad de transmitir virosis: 45 tipos de virus (40 virus no persistentes y 5 persistentes); es muy perjudicial para los cultivos. Normalmente estos pulgones forman sus colonias en la cara abaxial de las hojas, brotes y coronas en la planta (Dughetti *et al.*, 2017).

2.14.3 Mosquita blanca (*Bemisia argentifolii*, Bellows and Perry)

Bemisia argentifolii puede causar daños a las plantas por la inyección de toxinas durante el proceso de alimentación de las ninfas, tales como el síndrome de la hoja plateada en calabaza, la maduración irregular del

tomate, la palidez del tallo en brócoli y el amarillamiento del follaje de lechuga (Nava y Cano, 2000).

2.14.4 Mosca minadora (*Liriomyza huidrobensis* Blancard)

Los integrantes de la familia Agromyzidae son comúnmente conocidos como “moscas minadoras”, en alusión al hábito larval más frecuente en el grupo que consiste en excavar túneles (“minas”) en el interior de las hojas, consumiendo el mesófilo y dejando intacta la epidermis foliar o, al menos su pared externa. Las larvas se encuentran así en una cavidad aislada del ambiente exterior, la cual se percibe externamente como una línea que se va ensanchando paulatinamente o como una mancha irregular, de coloración más clara u oscura que la del resto de la hoja. Hay especies cuyas larvas, en lugar de realizar estas galerías en las hojas, viven y se alimentan al interior de otros tejidos vegetales, barrenando tallos, semillas, frutos, etc., (Valladares *et al.*, 2011).

2.14.5 Babosas y caracoles (*Rumina decollata* L.)

Los daños característicos son daños irregulares que comienzan en forma de ventana, producidos por la acción de la lengua rasposa (rádula), muy parecido al que producen los lepidópteros. Las hojas que seleccionan se encuentran, habitualmente, más pegado al suelo; el momento más oportuno de consumo de material vegetal es después del trasplante (Matamoros, 2014).

2.15 Enfermedades que atacan al cultivo de lechuga

La lechuga es afectada por una serie de enfermedades que merman su producción. La incidencia y severidad de estas enfermedades depende del organismo que las causa, la susceptibilidad de planta y el medio ambiente

(Almodóvar, 2001).

2.16 Enfermedades causadas por hongos

Las enfermedades causadas por hongos pueden provocar pérdidas en el rendimiento y la calidad de los capítulos y, adicionalmente, pueden disminuir la vida útil de las plantas. Dependiendo de la incidencia y severidad, éstos pueden transformarse en factores limitantes para la producción y comercialización de los productos agrícolas provocando pérdidas económicas a productores y comercializadores (Sepúlveda, 2017).

2.16.1 Moho blanco (*Sclerotinia sclerotium*)

La principal limitante fitosanitario del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) es la enfermedad conocida como moho blanco causada por el hongo *Sclerotinia sclerotinum* perteneciente a la división Ascomycota, habitante del suelo, está distribuido mundialmente y afecta a más de 360 especies de plantas cultivadas, entre las cuales se encuentra la lechuga. Estos patógenos son agentes causales de la enfermedad de la lechuga conocida como 'moho blanco', 'Putridión' blanco, o 'Putridión del cuello', que incrementan substancialmente las pérdidas económicas para el productor (Arias *et al.*, 2007).

2.16.2 Marchitamiento fúngico (Damping off)

El marchitamiento fúngico Damping off es una enfermedad que sufren muchas especies vegetales en el estadio de plántulas, causado por diferentes agentes fúngicos que producen la destrucción de vasos de xilema próximos al sitio de infección, causando de esta forma un «estrangulamiento»

en el tallo que conduce el marchitamiento y la «caída» de dichas plántulas, síntomas que son fácilmente observables a simple vista. Los agentes causales de esta enfermedad pueden ser varias especies de hongos, como por ejemplo *Rhizoctonia*, *Fusarium* y otros microorganismos filamentosos con apariencia fúngica, que en la actualidad se encuentran clasificados dentro del Reino Stramenipila y pertenecientes al Phylum Oomycota como son los géneros *Pythium* y *Phitophtora*. Los agentes causales más frecuentes en marchitamiento fúngico son especies del género *Pythium*, habiéndose aislado más de 120 especies con amplia distribución en todo el mundo (Robledo, 2016).

2.16.3 Oídio (*Erysiphe Cichoracearum* DC)

El oídio o polvillo es una enfermedad muy común que ataca a las lechugas, especialmente en invernaderos. Este hongo es un parásito obligado, es decir, que afecta solamente a las lechugas y especies similares, el oídio aparece generalmente en condiciones de una alta humedad y temperaturas medianas. Se caracterizan por presentar manchas pulverulentas compuestas por micelio de color blanquecino que puede cubrir en ambas caras de las hojas. En ataques severos el hongo cubre completamente las hojas, causando pérdidas de la calidad comercial del producto (Sepúlveda, 2018).

2.17 Enfermedades causadas por virus

De los principales factores a considerar en el proceso productivo de la lechuga son las virosis. El cultivo de lechuga se desarrolla durante todo el año, por lo cual las plantas están expuestas al ataque de patógenos, de estos, los virus son de particular importancia, ya que son difíciles de prevenir y sus

vectores están presentes durante todo el año; además el virus afecta directamente la calidad de las hojas, impidiendo la venta de las lechugas afectadas. Dependiendo de las condiciones ambientales y del manejo que se le haya dado al cultivo, los virus pueden llegar a causar pérdidas de hasta el 100% en el cultivo de lechuga (Pérez *et al.*, 2016).

2.17.1 Virus de mosaico de la lechuga (Lettuce Mosaic virus [LMV])

En el cultivo de lechuga el virus de mosaico de la lechuga [Lettuce Mosaic Virus] se ha reportado como uno de los patógenos más importantes a nivel mundial; se puede desarrollar rápidamente epidemias del virus LMV en híbridos de lechuga susceptibles, lo que puede ocasionar pérdidas hasta el 100%. (Pérez *et al.*, 2016).

Los daños que ocasiona son muy variables, pero pueden llegar a producir en determinadas circunstancias pérdidas comerciales muy importantes. Los síntomas de la enfermedad consisten en moteados y mosaicos más o menos intensos que se acentúan al crecer la planta, viéndose las hojas internas pequeñas y abullonadas. Las lechugas que se infectan cuando son pequeñas, si el tiempo es frío se desarrollan poco y no llegan a formar un cogollo de suficiente tamaño comercial. Con el tipo de comercialización actual de la lechuga, éste es el único daño económicamente apreciable, y para los mismos campos y variedades no llega a ser importante en épocas templadas y cálidas, pues prácticamente todas las plantas llegan a dar un tamaño comercial suficiente (Alagarda *et al.*, 1985).

2.18 Enfermedades causadas por nematodos

La respuesta de las plantas al daño ocasionado por los nematodos está estrechamente relacionada con su relación donde se alimentan, como ectoparásito o endoparásitos, y los tipos de daño celular que producen tales como la destrucción de células ocasionadas por especies de *Pratylenchus* y *Radopholus*, la sincitia, por especies de *Heterodera* y *Globodera*; y la formación de células gigantes, por especies de *Meloidogyne*. La mayoría de especie de nematodos fitoparásitos viven sobre o alrededor de las raíces de las plantas (rizosfera), donde alteran la absorción de agua y nutrientes, así como su transporte desde las raíces hacia los tallos, creando un desbalance de macro y micro-nutrientes que afectan su metabolismo y crecimiento. Las alteraciones del sistema radical por el daño de las células, causado por los nematodos, interfieren con los procesos fisiológicos relacionados con la absorción de agua y nutrientes y las fitohormonas que se originan en las raíces (daños primarios), de este modo, crean una cascada de efectos sobre la síntesis de clorofila, fotosíntesis y respiración en los tejidos aéreos de las plantas (daños secundarios). La combinación de estos efectos primarios y secundarios causan disminución en el crecimiento y productividad de la planta comparado con las plantas sanas. Los principales procesos afectados en las plantas por los fitonematodos son: tasa fotosintética, contenido de clorofila, conductancia estomática y condiciones foto-químicas, balance nutricional, translocación de factores que regulan la fotosíntesis y que se producen en las raíces, expansión de área foliar y acumulación de materia seca, rendimiento,

absorción de agua y nutrientes, consumo de agua y respiración (Guzmán *et al.*, 2020).

2.19 Historia de los nematodos

Los nematodos son microorganismos en forma de hilo, se encuentran prácticamente en todos los hábitats de la tierra, comprenden una de las especies más ricas en el reino animal, en términos de biomasa, constituye uno de los grupos más numerosos, pues pueden encontrarse hasta 20,000,000 individuos por metro cuadrado. La Nematología nace en el siglo XVII con la invención del microscopio compuesto; las primeras observaciones de nematodos fueron realizadas por Petrus Borellus quien observó con gran asombro “pequeñas serpientes” en el vinagre sin pasteurizar (Navarro, 2016).

A pesar de que el primer reporte de un nematodo parásito de plantas se remonta a 1743 cuando Needham descubrió al nematodo de las semillas del trigo, la Nematología Agrícola es todavía una ciencia joven en el mundo (Crozzoli, 2002).

2.20 Los nemátodos

El phylum nematodea (término derivado del latín nema= hilo) incluye organismos tripoblásticos, protostomados, blastocelomados, bilaterales y con cuerpo característicamente cilíndrico su tamaño varía desde unos cuantos milímetros hasta más de 8 metros. Como grupo monofilético, representa uno de los más diversificados phyla del reino Animalia, cuyos miembros parasitan tanto vertebrados como invertebrados y plantas, y además existen numerosas especies de vida libre, Los nematodos parásitos de vertebrados se alojan prácticamente en cualquier órgano, aunque la mayoría

se encuentran asociados al tubo digestivo y glándulas anexas. Se les ha incluido colectivamente en el grupo de los helmintos (gusanos parásitos), junto con platelmintos, acantocéfalos e hirudíneos. La superficie corporal está cubierta por una cutícula proteica, que brinda protección y contribuye al movimiento del nematodo junto con el líquido blastocelómico; de la misma forma, la carencia de musculatura circular confiere el movimiento ondulatorio propio del grupo (García *et al.*, 2014).

2.21 Nematodos que afectan a la lechuga

Los nematodos son los organismos multicelulares más numerosos de la tierra; la mayoría son de vida libre, otros son parásitos de plantas y pueden cobrar importancia económica en la producción agrícola, en algunos casos con pérdidas al 80% en zonas con alta infestación (Castro *et al.*, 2010).

2.21.1 *Pratylenchus penetrans* Coob (Nemátodo lesionado de la raíz)

La especie *Pratylenchus penetrans* Coob, es conocida como una de las más graves en hortalizas. Es un parásito obligado esencialmente de la corteza de la raíz, sin embargo, al alimentarse y lesionar constantemente, promueve la entrada a hongos fitopatógenos y otros microorganismos nocivos. Las raíces afectadas presentan pequeñas lesiones húmedas amarillentas que de pronto se tornan café o negras principalmente en raíces jóvenes hasta llegar a la muerte. Las plantas afectadas crecen pobremente, disminuyen su rendimiento y por lo regular mueren antes de llegar a la madurez, debido a la disminución del sistema radical (Avena *et al.*, 2016).

2.21.2 *Rotylenchulus reniformis* L. y O. (Nematodo reniforme)

Esta especie es la única de su género asociada a las hortalizas. Es

dañino solamente cuando las poblaciones son altas. Las plantas infectadas presentan pequeñas lesiones necróticas alrededor del punto donde el nematodo está adherido a la raíz. Las plantas infectadas pierden vigor y se observa una reducción en el tamaño y el peso de las partes aéreas (Vicente, 2012).

2.22 Nematodos agalladores

Las agallas en las raíces o son causadas principalmente por el nematodo agallador (*Meloidogyne* spp.), aunque otros nematodos como *Nacobbus aberrans*, thorne, también puede causar agallado en las raíces. Algunos nematodos como *Xiphinema* spp., al alimentarse de las raíces puede dar lugar a hinchamientos o agallas menos definidas que se localizan en las puntas de las raíces (Coyne *et al.*, 2007).

Los nematodos agalladores del género *Meloidogyne* son endoparásitos obligados con un rango de hospedantes que abarca más de 3000 especies de plantas. Las especies apomícticas *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood, *Meloidogyne javanica* (Treub) Chitwood y *Meloidogyne arenaria* (Neal) Chitwood, junto con la especie facultativa partenogenética *Meloidogyne hapla* Chitwood, son las más importantes económicamente y de mayor distribución en el mundo. *Meloidogyne incognita* está presente en climas templados y tropicales y es el nematodo que más daño causa en cultivos a nivel mundial. En la república mexicana, los nematodos agalladores se encuentran ampliamente distribuidos, con registros en al menos 23 de los 32 estados de este país (Guzmán *et al.*, 2008).

2.22.1 Ubicación taxonómica

Ubicación taxonómica del nematodo agallador o nodulador

Phylum: Nemata

Clase: Secernentea

Subclase: Diplogasteria

Orden: Tylenchida

Superfamilia: Heteroidea

Familia: Heteroderidae

Subfamilia: Meloidogyninae

Género: *Meloidogyne*

Especie: *incognita*

(Cepeda, 2001).

2.22.2 Características morfológicas del nematodo de los nódulos radiculares

El ciclo biológico de los nematodos se inicia en la fase de huevo, con un periodo de incubación variable (20-30 días), y continua con cuatro fases de desarrollo juvenil que terminan en la fase de adulto hembras y machos (Andrés, 2002).

Los estados juveniles infectivos penetran en las raíces por la zona de elongación de éstas. Rompen las células epidérmicas y se mueven a través de la corteza hasta la zona de diferenciación de la xilema. Casi

inmediatamente después de su entrada, los nematodos estimulan la formación de agallas (nódulos) por agrandamiento y multiplicación de las células que componen los tejidos de la corteza el periciclo de la raíz. El segundo estado juvenil hinchado deja de alimentarse, experimenta tres mudas en el curso de unos pocos días y se hace macho o hembra adulta. El macho es elongado y vermiforme (forma de gusano). Abandona la raíz, se aparea y se puede encontrar libre en el suelo o próximo a las hembras adultas. La hembra se hincha de una forma característica (forma de pera) con la cabeza móvil y estrecha y la porción posterior hinchada e inmóvil (Parrilla, 1984).

Las hembras son pequeñas (L: 387.5 – 496 μm), se caracterizan por un patrón perineal de redondo a hexagonal, con el arco dorsal variado de pequeño y redondeado a grande y cuadrado, con estrías gruesas y muy espaciadas. En el patrón perineal, los campos laterales son usualmente inconspicuos y forman una horquilla; sin embargo, las regiones de la línea lateral interna pueden estar engrosadas, insertadas y con estrías que cubren el ano. El estilete de la hembra es de 12–14 μm de longitud, el cual es cilíndrico, pero ocasionalmente es estrecho en la unión con la perilla. La posición del orificio de la glándula esofágica dorsal es usualmente de 4–8 μm . En los machos el contorno de la cabeza acompaña el contorno de la primera cutícula anular del cuerpo. Los estiletes son de 18 - 20 μm de longitud; el eje es recto y cilíndrico, y se estrecha en la unión con las perillas. La posición del orificio de la glándula esofágica dorsal es variable (3–5 μm). En J2 la cola es moderadamente larga (44-46 μm) terminada en una punta redondeada.

(SENASICA, 2016).

2.22.3 Ciclo de vida

El ciclo de vida de *Meloidogyne incognita* involucra cinco estados de desarrollo, que comienza con el desarrollo embriogénico dentro del huevo, de lo cual resulta la formación del primer estado juvenil; este posteriormente muda y da origen al segundo estado juvenil (II) dentro del huevo. El juvenil II eclosiona del huevo y migra en el suelo buscando su alimento, siendo este el único estado infectivo. Cuando el hospedero es susceptible al nematodo, responde a la penetración del estilete e inyección de enzimas de este, modificando las células, las que comienzan a incrementar su división y crecimiento estimulando la formación de agallas (células gigantes); así, una vez establecido en el tejido, el juvenil aumenta su tamaño en un breve tiempo. El ciclo de vida puede completarse entre 3-4 semanas, dependiendo, entre otros factores, de la temperatura del suelo (Fernández *et al.*, 2016).

Generalmente pasan el invierno en forma de huevos. En primavera conforme la temperatura del suelo se incrementa, los juveniles de segundo estado J2s, eclosionan, emigran a través del suelo y penetran en las raíces de las plantas hospederas, donde establecen sitios de alimentación. Durante el crecimiento, los juveniles van engrosando y mudando hasta convertirse en hembras adultas o machos. Las hembras son redondeadas e inmóviles, los machos filiformes y generalmente abandonan la raíz pues no se alimentan. Las hembras producen hasta 3000 huevos envueltos en una masa gelatinosa. Generalmente los nematodos agalladores completan su ciclo en menos de un

mes dependiendo de la temperatura del suelo y por tanto puede tener varias generaciones durante un cultivo (Talavera, 2003).

2.22.4 Daños y síntomas

El daño ocasionado por fitonematodos se caracteriza por enanismo, marchitamiento prematuro, amarillamiento de las hojas, malformación de las raíces y signos típicos de deficiencias nutricionales frecuentemente muy evidentes que generalmente ocurren en parches a través del campo como un resultado de la distribución irregular de los nemátodos en el suelo (Gandarilla *et al.*, 2014).

El género *Meloidogyne* lo integran varias especies importantes para la agricultura; algunas son cosmopolitas y por sus hábitos polífagos ocasiona pérdidas de producción en el cultivo de hortalizas y otras plantas (Pinzón *et al.*, 2015).

El nematodo agallador *Meloidogyne* spp. está presente en varias zonas agrícolas de México atacando un gran número de especies cultivadas, donde ocasiona pérdidas de consideración en el rendimiento y productividad (Cid del Prado *et al.*, 2001).

Los fitonematodos del género *Meloidogyne*, son responsables de grandes pérdidas en cultivos de importancia económica, causando hipertrofia e hiperplasia en las células de alimentación, así como en los alrededores de ellas, conduciendo a la formación de agallas en raíz que es el síntoma visible de la infección primaria. Las plantas infectadas son débiles, presentando enanismo, clorosis, marchitez y bajo rendimiento (Cruz *et al.*, 2014).

Los síntomas característicos de este nematodo provocan en la planta diferentes grados de achaparramiento, falta de vigor, deficiencias nutricionales y marchitamiento bajo condiciones de estrés (Salazar y Guzmán, 2013).

Como otros muchos nematodos no causan síntomas característicos en el follaje de la planta. Las plantas infectadas por *Meloidogyne* spp. muestran amarillamientos, marchitamientos y reducciones en la producción. La infección de las raíces produce engrosamientos característicos o agallas que pueden ser de varios tamaños dependiendo del número de hembras que alberguen (Talavera, 2003).

Las plantas afectadas por el Nematodo de los nódulos se muestran amarillentas, débiles y raquíticas y con aspecto similar a la deficiencia de agua y/o nutrientes. Los resultados de estos síntomas son: poca producción de frutos, y menor peso y tamaño de estos. Los signos más característicos son la formación de agallas o tumores en las raíces hasta provocar necrosis en las mismas. La formación de tumores se inicia desde la penetración de larvas en el segundo estadio, y las que permanecen en el interior de las raíces son hembras ya que los machos salen de la raíz (Robinson, 2010).

2.22.5 Pérdidas por *Meloidogyne*

Entre los nematodos fitoparásitos que reducen significativamente la producción agrícola se encuentran los nematodos formadores de agallas del género *Meloidogyne* spp. A nivel mundial este género ocupa el primer lugar en importancia, por la severidad de los daños y la reducción considerable en la

producción dado que se trata de una especie polífaga con amplia distribución y frecuencia (Carrillo *et al.*, 2000).

Los nemátodos parásitos de plantas reducen la producción agrícola mundial entre el 12 y 20 %. Aunque existen al menos 70 especies descritas de nematodos formadores de nódulos de la raíz, la atención taxonómica se ha enfocado en seis (*Meloidogyne incógnita* Jofoid & White, *M. javanica* Treub, *M. arenaria* Neal, *M. chitwoodi* Golden, *M. fallax* Karsen y *M. hapla* Chitwood ya que están asociadas típicamente con plantas agronómicas importantes. La identificación de especies de *Meloidogyne* está basada en la morfología de las hembras adultas y la gama de hospedantes, siendo difícil la identificación para machos y hembras juveniles de segundo estadio J2 (Jaramillo *et al.*, 2015).

2.22.6 Hospederos

Los nematodos del género *Meloidogyne* se alimentan de una gran diversidad de plantas, a tal grado que se considera que casi todos los vegetales cultivados son susceptibles a este patógeno, algunos son pocos susceptibles y no son dañados seriamente, pero otros, por el contrario, son muy susceptibles a una o más especies (Agrios, 1997).

En California (EUA) se reporta atacando cucurbitáceas, frijol, zanahoria, tomate, lechuga, chícharo, chile y rábano entre otras hospedantes (Brust *et al.*, 2003). El género incluye más de ochenta especies con más de 5000 plantas hospederas (Solano *et al.*, 2015).

2.23 Índice de agallamiento

De acuerdo con Baker (1985), existen varias escalas para medir el índice de agallamiento:

a) El índice de 0 - 4 (Dónde: 0 = 0 agallas; 1 = 25%; 2 = 50%; 3 = 75% y 4 = 100% raíces con agallas).

El índice de 0 – 5 (Dónde: 0 = 0 agallas; 1 = 25 %; 2 = 50 %; 3 = 75 % y 4 = 100 % de raíces con agallas).

c) El índice de 1 – 6 (Dónde: 1 = 0 agallas; 2 = 10 %; 3 = 20 %; 4 = 50 %; 5 = 80 % y 6 = 100 % del sistema radicular con agallas).

d) El índice de 0 – 10. (Dónde 0 = 0 agallas. Dónde: 0 = 0 agallas; 1 = 10 %; 2 = 20 %; 3 = 30 %; 4 = 40 %; 5 = 50 %; 6 = 60 %, 7 = 70 %; 8 = 80 %; 9 = 90 % y 10 = 100 % del sistema radicular con agallas).

Asimismo, se trabaja con otro índice de agallamiento en escala de 1 – 5, basado en el número de agallas por sistema radicular y diámetro de agallas:

1 = Sin agallas o escasas agallas con un promedio de diámetro de agallas menores de 1 mm.

2 = Escasas agallas, con un promedio de diámetro de agallas entre 1 y 2 mm.

3 = Las agallas en su mayoría no están unidas, con un diámetro promedio entre 2 y 3 mm.

4= Agallas numerosas y unidas, con un diámetro promedio entre agallas entre 3 y 4 mm.

5 = Agallas numerosas y unidas, con un diámetro promedio de agallas mayores de 4 mm (Maluf *et al.*, 2002).

2.24 Manejo integrado de nematodos

El manejo integrado de nematodos emplea una variedad de actividades y estrategias, cuyo objetivo es el control y la sana convivencia de los especímenes y no la erradicación total de la plaga; en busca siempre con el equilibrio con el medio ambiente. Los métodos utilizados son afines entre sí, además de complementarse. Una estrategia para el manejo de nematodos consiste en evitar que el microorganismo continúe con su ciclo de vida al eliminar plantas hospederas. El propósito de eliminar hospederos es para romper el ciclo. Es necesario poner atención a las especies de malezas que fungen como hospederas: quelite, diente de león, mostaza silvestre y verdolagas (Intagri, 2017).

El objetivo del manejo no es la erradicación sino la manipulación del organismo patógeno hasta conseguir una reducción de la densidad de población por debajo del umbral de daño al cultivo, mediante el uso de diversos métodos de control durante un cierto periodo de tiempo (Andrés, 2002).

Los nematodos parásitos de las plantas son patógenos que causan daños a los cultivos disminuyendo el rendimiento de estos. Para realizar un manejo integrado de esta problemática es preciso conocer la biología, epidemiología y ecología de los nematodos en las condiciones locales del área de producción, determinar los niveles de daño y la incidencia en producción así como la eficacia de las medidas correctoras disponibles (Vardejo, 2009).

La protección de los cultivos frente a los nematodos comienza con las medidas preventivas que tiene por objeto su exclusión de zonas donde

existen. Cuando los nematodos se encuentran ya presente en una zona, la estrategia es reducir sus niveles poblacionales al inicio del cultivo puesto que estos niveles iniciales están directamente relacionados con la pérdida de producción. Las medidas post-plantación son de tipo paliativo ya que no existen medidas curativas, y están dirigidas solo a reducir la tasa de multiplicación del nematodo en el cultivo. La eficacia de las medidas de control debe considerarse tanto corto como medio y largo plazo, es decir, en la propia campaña así como en campañas sucesivas puesto que las actuaciones llevadas a cabo en un cultivo pueden repercutir en el cultivo o campaña siguiente (Talavera *et al.*, 2014).

2.25 Métodos de control

(planta y nematodo) y de los factores ambientales asociados con la expresión de síntomas. Los nematodos se pueden combatir efectivamente con métodos preventivos y fitosanitarios que sigan las leyes reguladoras, el uso de variedades resistentes, el control biológico, las prácticas de cultivo y el uso de nematicidas (Román y Acosta, 1984).

El control de nematodos y del daño que causa se puede llevar a cabo previniendo la infestación, suprimiendo las poblaciones, mitigando sus efectos o por una combinación de todas estas acciones. El control total resulta generalmente difícil y caro. Si el control de nematodos falla, por ser inviable económicamente o impracticable, entonces se deben producir una serie de cambios básicos en el sistema de cultivo o aceptar las significativas pérdidas producidas. Por lo tanto, la idea esencial para el control económico de los

nematodos parásitos de plantas es la capacidad de predecir su importancia bajo un cultivo específico y en unas condiciones ambientales determinadas. Antes de decidir qué tipo de técnicas control son las más adecuadas en cada caso, es necesario caracterizar el problema, determinar los nematodos parásitos y conocer su densidad, biología e interacción específica con el cultivo. También es importante llegar a determinar la influencia que los antagonistas y los factores bióticos y abióticos tienen sobre las poblaciones del patógeno y su repercusión en la productividad del cultivo. Por último hay que tener en cuenta la rentabilidad del sistema con el fin de establecer la viabilidad económica de las técnicas a aplicar (Andrés, 2002).

2.25.1 Control cultural

El control de nematodos se realiza usualmente por la combinación de varias estrategias de manejo. El control cultural es una práctica extendida, pero la rotación de cultivos tiene un valor limitado para nematodos del género *Meloidogyne*, por su amplia gama de hospedantes y no es práctica para los productores (Pérez *et al.*, 2015).

Entre las principales prácticas culturales para el manejo de nematodos fitoparásitos se encuentran: rotación de cultivos, barbecho, cultivos trampas, cultivos de cobertura, enmiendas orgánicas, biofumigación, cultivares resistentes e injertos (Lezaun, 2001).

2.25.2 Barbecho

El barbecho consiste en dejar el suelo sin cultivar por un cierto periodo, principalmente durante los meses de primavera y verano, removiéndolo en forma periódica (Lezaun, 2001).

Un barbecho estricto por 1-2 años normalmente reducirá las poblaciones de nematodos en un 80-90 por ciento. Este efecto puede lograrse en tan solo una estación introduciendo otras medidas culturales. Sin embargo, barbechar puede ser inaceptable para el agricultor debido a la potencial pérdida de materia orgánica, peligro de erosión y pérdida de tiempo productivo. Además si se permite el crecimiento de maleza durante el barbecho, algunos nematodos pueden sobrevivir y reproducirse en ellas, haciendo esta práctica ineficaz (Talavera, 2003).

2.25.3 Inundación

Un alto contenido de agua limita las disponibilidades de oxígeno y reduce la actividad de los nematodos. En los campos inundados la materia orgánica sufre descomposición, desarrollándose sustancias letales, tales como el ácido butírico, propiónico y el sulfuro de hidrógeno, que actúan como verdaderos nematicidas. Se considera alternativa poco práctica. Su combinación con la aplicación de compost ha demostrado ser efectiva en el control de poblaciones *M. arenaria* Kofoid and White, (Lezaun, 2001).

2.25.4 Solarización

La solarización es un método de pasteurización del suelo que permite suprimir la mayoría de las especies de nematodos patógenos eficazmente. Sin embargo, solo es consistente en lugares con verano cálidos y calurosos. La técnica básica consiste en poner una o dos láminas transparente encima del suelo ligeramente humedecido durante el verano y aproximadamente de seis a ocho semanas (Talavera, 2003).

La solarización es una práctica mediante la cual, al cubrir el suelo

con una película de plástico transparente, la energía solar se aprovecha para incrementar en el suelo la temperatura a niveles letales para muchos fitopatógenos, insectos y maleza. En general, los efectos de la solarización son inducción de supresividad, debilitamiento de propágulos, liberación de gases, cambios fisicoquímicos del suelo y estimulación del crecimiento de las plantas (Zavaleta, 2000).

2.25.5 Rotación de cultivos

La rotación de cultivos es una de las prácticas más importantes, eficiente y constituye la práctica más usada en la reducción de poblaciones de nematodos. En el caso de siembras consecutivas con plantas huésped, dos o tres años, en la misma zona donde hay incidencia de nematodos de las agallas, puede haber una explosión en los niveles de población de estos organismos, invalidando así las zonas de los cultivos subsiguientes. La rotación de cultivos es complicada para *M. incognita* son más de 1000 especies de plantas huésped (Lezaun, 2001).

2.25.6 Variedades resistentes

Las variedades resistentes son un método de control eficaz contra las especies de endoparásitas sedentarias como *Meloidogyne* o los nematodos de quístico (*Globodera* y *Heterodera*) que pasan la mayor parte de su ciclo de vida dentro de las raíces. Se considera que una planta es resistente cuando inhibe la reproducción del nematodo respecto a la reproducción alcanzada en una planta susceptible e incluye tanto el uso de cultivares resistentes, cuando están disponibles, como el injerto sobre patrones resistentes. Por el contrario, el término tolerancia no es un tipo de resistencia

y hace referencia al daño que sufre la planta huésped. Una planta tolerante sufre poco daño incluso cuando está infectada por niveles altos de nematodo. No obstante, las fuentes de resistencia natural están limitadas a unas pocas especies de nematodos y en ocasiones solo son eficaces frente a una raza del patógeno (Talavera y Verdejo, 2015).

2.25.7 Control biológico

La inoculación del suelo con microorganismos antagónicos de nematodos se puede usar para prevenir las enfermedades causadas por nemátodos fitoparásitos. Es preciso distinguir entre agentes de control biológico en sentido estricto, que son aquellos organismos capaces de reducir directamente las poblaciones de nematodos del suelo mediante depredación. Agentes de control biológicas son aquellos organismos capaces de dificultar la penetración, desarrollo y reproducción de los nematodos en las raíces de las planta, pero sin un efecto directo sobre las poblaciones de nematodos en suelo (Talavera y Verdejo, 2015).

Microorganismos antagonistas establecidos en el lugar de siembra antes o a la vez que el patógeno pueden ser usados para prevenir la infestación. Varios microorganismos han sido identificados como enemigos naturales de los nematodos. Éstos incluyen las bacterias *Pasteuria penetrans* T. S y S. y *Bacillus thuringiensis* Var. Kurstaki y los hongos *Paecilomyces lilacinus*, Thom Chimal *Verticillum clamydosporium* Thome *Hirsutella rhossiliensis* Thom (Talavera, 2003).

2.25.8 Control químico

La aplicación de productos químicos es el método de control más

utilizado, especialmente cuando las técnicas agronómicas no reducen o suprimen el problema nematológico lo suficiente como para permitir al agricultor seguir cultivando la planta huésped con una frecuencia económicamente rentable. Los productos químicos usados como nematicidas se incluyen en dos grupos: fumigantes y no fumigantes. Los fumigantes son productos químicos volátiles entre los que se incluyen el D-D y 1-3-D. Los productos no fumigantes son compuestos no volátiles que incluyen los organofosforados como fenamifos y carbamatos como carbofuran y oxamilo son más o menos solubles en agua y están disponibles en formulación granulada (Andrés, 2002).

Aunque el control químico sigue siendo el método de control nematológico más efectivo, la mayoría de los productos químicos utilizados como nematicidas, ya sean fumigantes o no fumigantes (granulares y emulsiones) presentan riesgos medioambientales, por lo que su uso debe ser limitado siempre que existan otras alternativas (Talavera, 2003).

2.26 Productos para utilizar en el presente estudio

2.27 Neem (*Azadirachta indica* A. Juss.)

El árbol de neem o margosa (*Azadirachta indica* A. Juss.) pertenece a la familia meliaceae y es nativo de India. Se encuentra ampliamente distribuido en el sur y sureste de Asia y en la mayor parte de las regiones tropicales y subtropicales del mundo. Este árbol es conocido por sus propiedades medicinales en humanos y por su uso en control de plagas en cultivos agrícolas. La introducción del árbol de neem en el noroeste de México se inició en la década de los 90 a partir de dos orígenes. El primer grupo se

plantó en Los Mochis, Sinaloa y se propagó en la parte centro y norte del estado de Sinaloa. El otro grupo fue introducido a Todos Santos, Baja California Sur y su propagación se extendió hasta el centro de Sinaloa (Angulo *et al.*, 2004).

El árbol de neem, pertenece a la familia meliaceae, posee un metabolito secundario denominado azadiractina con acción insecticida, acaricida, nematocida, fungicida y antibacterial, que lo ha hecho atractivo en el control biológico de artrópodos. Se adapta fácilmente en diferentes países en climas cálidos (Cruz *et al.*, 2017).

En la actualidad, la utilización de insecticidas botánicos en la regulación de diversas plagas en los cultivos cobra gran auge. Los extractos vegetales que se obtienen del árbol de neem (*Azadirachta indica*) han sido lo más estudiados en los últimos años. Su efectividad está ampliamente demostrada en el control de insectos, ácaros y nematodos (Valenciaga *et al.*, 2007).

Abamectina controla diversas razas del nematodo de los nódulos radiculares *Meloidogyne* spp., nematodo de los cítricos *Tylenchulus semipenetrans* L.y el nematodo arriñonado *Rotylenchulus reniformis*, Linford 1940 (Beer, 2010).

2.28 Abamectina (Abaneem 180) (Abamectina + Neem)

Presenta una elevada eficacia para el sinergismo entre sus ingredientes, posee efecto neurotóxico al estimular la liberación de (GABA)

inhibitorio de la neurotransmisión ocasionando parálisis de los insectos y ácaros. Antialimentario y repelente retardando las reinfestaciones. Su modo de acción es por contacto e ingestión, posee efecto traslaminar penetrando rápidamente a la cutícula de los tejidos vegetales, evitando el lavado por lluvia y ofreciendo un excelente periodo de control (PROANSA, 2017).

La abamectina es utilizada como insecticida, acaricida y nematicida en vegetales, frutales y cultivos de campo. Asimismo, aceite de Neem es utilizado para el control de insectos, y en el mejoramiento de la salud humana. Sus hojas, corteza y extractos de semillas son utilizados para el manejo de fitonematodos (Khalil, 2013).

2.29 *Bacillus thuringiensis*

El agente microbiano para el control biológico más ampliamente utilizado es el *Bacillus thuringiensis* (Bt), con una historia de más de 40 años de uso (Mancebo *et al.*, 2003).

Los bioinsecticidas derivados de *Bacillus thuringiensis* se han utilizado comercialmente por más de 35 años, y han sido aceptados como productos biodegradables y de uso seguro para los humanos, pues causan menos daño en el ambiente que los plaguicidas químicos tradicionales. Respecto a la efectividad de *B. thuringiensis* sobre nematodos, se presentan resultados desde la década del ochenta del siglo pasado, cuando se encontraron efectos nematicidas de preparaciones comerciales de endotoxina (Márquez *et al.*, 2004).

Bacillus thuringiensis (Bt) es una bacteria aeróbica, gram positiva, que se caracteriza por la producción de una inclusión parasporal durante su fase de esporulación, la cual contiene las proteínas insecticidas. El control biológico mediante el uso de organismos entomopatógenos representa una alternativa para el manejo de insectos, plaga de importancia económica de la agricultura. Esta forma de control tiene un menor impacto ecológico que es el uso de plaguicidas de origen químico. *Bacillus thuringiensis* es el organismo entomopatógeno más utilizado para el control de insectos plaga del orden Lepidóptera, en diversos cultivos comerciales. El espectro de actividad insecticida dentro de las cepas de *B. thuringiensis* está caracterizado principalmente por tres patotipos contra las ordenes Lepidóptera, Diptera y coleóptera. Sin embargo, en los últimos años la búsqueda incesante de nuevas cepas ha llevado al encuentro de actividades poco comunes hacia nematodos, ácaros y adultos de mosca doméstica (Carmona, 2002).

La bacteria *Bacillus thuringiensis* presenta cualidades insecticidas muy utilizadas hoy en la agricultura como una herramienta segura y efectiva para el control de plagas, lo que constituye una alternativa al uso de los plaguicidas sintéticos. Esta bacteria posee una actividad selectiva alta debido a su estrecho rango de especificidad, y gracias a ello es que se genera en el ambiente un impacto muy bajo. No obstante, un depredador puede ser expuesto al bioproducto no solo por contacto directo, sino también por la ingestión de una presa contaminada o incluso de líquidos procedente de las plantas tratadas (Baró y Massó 2013).

2.30 *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* (DIPEL DF®)

Las diferentes variedades de B.t. tienen cristales de formas diversas los cuales contienen toxinas diferentes. Cuando los cristales se disuelven en el intestino del insecto con elevado pH las protoxinas y otras enzimas y proteínas se liberan. Conforme las protoxinas se convierten en toxinas activas, éstas se acoplan a las moléculas receptoras especializadas de las células del intestino. Diferentes toxinas se acoplan a diferentes moléculas receptoras y esto explica la especialización de las toxinas de las distintas variedades de B.t. (Terralia, 2019).

DIPEL DF® es el insecticida bioracional más empleado en el mundo por sus características de manufactura y efectividad; su mecanismo de acción hace que solo tenga efectos sobre la plaga que necesita controlar y lo hace de forma natural, lo que lo convierte en uno de los productos más seguros al ambiente y al usuario. *Bacillus thuringiensis* var. *Kurstaki*, en su formulación se utiliza B.t. subesp. *Kurstaki*. Insecticida selectivo, presentado en forma de floable seco para aplicar en aspersion foliar (Valent, 2017).

La bacteria entomopatógena *Bacillus thuringiensis* produce cristales proteicos con actividad citotóxica en contra de insectos y nemátodos. La toxicidad de *B. thuringiensis* en plagas agrícolas es ampliamente conocida, pero poco se conoce acerca de su actividad en contra de nemátodos parásitos. Recientemente, la actividad nematicida de las proteínas derivadas de *B. thuringiensis* se demostró en nematodos de plantas de Globodera y Meloidogyne (Pérez *et al.*, 2016).

Bacillus thuringiensis (Bt) delta endoendotoxina, una familia de cristales (Cry) de proteínas, son ampliamente utilizados en la agricultura como insecticidas, pero estas potentes toxinas también son efectivas para el control de nematodos fitoparásitos, como *Meloidogyne* sp. *Heterodera* sp. y *Rotylenchulus reniformis* (Wei *et al.*, 2001).

Cepas de *Bacillus thuringiensis*, tienen efecto nematocida sobre *Meloidogyne incognita*, *Heterodera glycines* y *Rotylenchulus reniformis* (Márquez y Fernández, 2006).

2.31 *Paecilomyces lilacinus*

Una de las especies de hongos más estudiadas en el control de *M. incognita* es *Paecilomyces lilacinus*, la cual habita el suelo en forma natural y ha demostrado capacidad de regular las poblaciones de nematodos a niveles no dañinos al cultivo, y en algunos casos ha servido como estimulador de desarrollo de las plantas. Este patógeno parasita los huevos, invadiéndolos y después destruyendo sus embriones, evitando así la formación de larvas. También parasita hembras a las cuales les causa la muerte. Se establece en el suelo, crece saprofiticamente, se disemina con bastante rapidez y en corto tiempo llega a ser la especie dominante. Sin embargo, en algunos estudios realizados se observó baja efectividad de este organismo en el control de nematodos, la cual puede atribuir a la época de aplicación, ya que el hongo debe establecerse en el suelo para poder actuar. También se reporta que tienen la capacidad de producir enzimas quitinolíticas que pueden destruir la pared de los huevos y la cutícula de juveniles, lo cual facilita el proceso de micoparasitismo (Fernández *et al.*, 2016).

Los productos a base de *Paecilomyces lilacinus* actúan contra los fitonematodos como producto de contacto. Este hongo unas estructuras llamadas conidias las cuales son las que se encargan de realizar el efecto sobre los nematodos. Estas conidias al hacer contacto con el cuerpo de los nematodos, se fijan en la pared externa del cuerpo del nematodo, luego germinan y producen unas estructuras especializadas, a través de las cuales penetran en el cuerpo del nematodo. En el interior del cuerpo del nematodo el hongo toma sus nutrientes del nematodo y se reproduce masivamente invadiendo totalmente el cuerpo del nematodo, causándole una enfermedad que finalmente causa su muerte. En condiciones favorables de humedad, después de la invasión, las estructuras del hongo salen del cuerpo del nematodo y sobre este se producen nuevas conidias que pueden afectar a otros nematodos. Los productos a base de *Paecilomyces* no matan a los nematodos inmediatamente, ya que se requiere de cierto tiempo desde el momento de la adhesión a las conidias hasta el momento que ocurre la colonización del hongo en el nematodo. Sin embargo, a partir del momento que el hongo penetra al cuerpo, se afecta el comportamiento de los nematodos (movimiento, reproducción, alimentación), por lo que a partir de ese momento la plaga deja de causar daño al cultivo, hasta que finalmente muere (Monzón *et al.*, 2009).

2.32 *Paecilomyces lilacinus* (Chimal 6.53 PH)

El *Paecilomyces lilacinus* (clase: Hyphomycetes) es un hongo parásito que ataca formas sedentarias de los nematodos, como los huevos. Es

un parásito oportunista con muy poca especificidad hacia el hospedero, aunque las diferentes cepas difieren en la habilidad para atacar huevos de diferentes especies de nematodos (Mancebo *et al.*, 2005).

El nematicida chimal pH 6.53. a base de *Paecilomyces lilacinus*, controla el nematodo agallador *Meloidogyne incognita*, en cultivos de berenjena, chile, tomate, papa y tabaco y se utiliza también contra el nematodo lesionador *Pratylenchus neglectus*, en crisantemo, gerbera, girasol y áster, en ambos casos en dosis de 250 a 500 g/ha. En papaya de 200 a 600 g/ha y en piña de 400 a 600 g/ha (Agroquímicos Versa, 2020).

Nemafin (*Paecilomyces lilacinus*), es un producto que tiene como ingrediente activo la cepa del hongo *Paecilomyces lilacinus*, que es el enemigo natural de nematodos fitopatógenos *Meloidogyne* sp., *Heterodera* sp., *Globodera* sp., *Tylenchus* sp., *Pratylenchus* sp., *Xiphinema* sp., *Nacobbus* sp., *Aphelenchus* sp., *Helicotylenchus* sp. y *Tylenchus* sp., (Eritorbato y Acelerador, 1977).

Tomate cáscara, berenjena, chile, jitomate (*Aphelenchus avenae*), nematodo barrenador de la raíz del banano o nematodo barrenador del plátano (*Radopholus similis*), nematodo chilenchus (*Tylenchus* sp.), nematodo del tallo (*Ditylenchus* sp.), nematodo dorado (*Globodera rostochiensis*), nematodo enquistado (*Heterodera* sp.), nematodo espiral (*Helicotylenchus* sp), nematodo Nacobbus (*Nacobbus aberrans*) y nematodos agalladores (*Meloidogyne* sp.), nematodo filiforme (*Helicotylenchus dihystra*), *Pratylenchus* sp. Se recomienda aplicar *Paecilomyces lilacinus* con una dosis

de 250 gr/ha cuando se tiene identificada la presencia del problema y repetir cada 30 días. En los cultivos de banano, café, flores, frutales, plátano el *Paecilomyces lilacinus* controla los nematodos de *Radopholus* sp., *Helicotylenchus* sp., *Meloidogyne* sp., *Scutellonema* sp. *Pratylenchus* sp. y *Globodera* sp, aplicar cuando inicia el problema y repetir cada 30 días, dosis de 250 gr/ha. (Eritorbato y Acelerador, 1977).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación geográfica de la Comarca Lagunera

La Comarca Lagunera tiene una extensión territorial de 500,000 has y está situada en la parte suroeste del Estado de Coahuila. Se encuentra ubicada entre los paralelos 25°25' y 25°30' de latitud norte, y entre los meridianos 102°51' y 103°40' de longitud oeste del meridiano de Greenwich teniendo una altura de 1129 msnm., localizado en el Suroeste del Estado de Coahuila y Noroeste del Estado de Durango, al Norte con el Estado de Chihuahua y al Sur con el Estado de Zacatecas (Martínez, 2014).

3.2 Características del clima

El clima en la Comarca Lagunera, según la clasificación de Koppen es árido, muy seco (estepario, desértico), es cálido tanto en primavera como en verano, con invierno fresco. La precipitación es escasa, encontrándose la atmósfera desprovista de humedad, con una precipitación media anual de 239.4 mm, siendo el periodo de máxima precipitación entre los meses de julio, agosto y septiembre (Martínez, 2014).

3.3 Localización del experimento

El presente estudio se realizó durante el ciclo agrícola Primavera-Verano 2021, en un macrotúnel ubicado en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – Unidad Laguna, localizada en Periférico Raúl López Sánchez y carretera a Santa Fé s/n, Torreón, Coahuila, México, de acuerdo al programa informático Google Earth, se encuentra ubicado geográficamente a los 25° 33' 24.78" de latitud norte, 103° 22' 18.40" de longitud oeste, a una altura sobre el nivel medio del mar de 1124 m.

3.4 Variedad utilizada

En el presente trabajo se utilizaron semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) tipo Baby sucrine, las cuales fueron sembradas en macetas de polietileno con capacidad de 3 kg, bajo condiciones de macrotúnel.

3.5 Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 4 tratamientos y 4 repeticiones. Cada unidad experimental constó de 6 macetas con capacidad de 3 kg de suelo, para un total de 24 macetas por tratamiento (Figura 1) y completando un total de 96 macetas en los 4 tratamientos con sus 4 repeticiones como se muestra en el cuadro 4



Figura 2. Macetas con suelo para realizar el experimento

Cuadro 3. Distribución del diseño experimental completamente al azar utilizando para evaluar (Testigo), *Paecilomyces lilacinus* (Chimal 6.53 PH), *Bacillus thuringiensis* var. kurstaki (Dipel DF), Abaneem 180, aplicados para control del nematodo agallador (*Meloidogyne incognita*) en la UAAAN-UL, Torreón, Coahuila, México. 2021.

I	II	III	IV
2	1	3	4
4	3	1	2
1	2	4	3

3	4	2	1
---	---	---	---

I, II, III, IV = Tratamientos
 1, 2, 3, 4 = n: Repeticiones
 n = 4; T = 4

3.6 Muestreo de suelo

El día 17 de abril de 2021 se colectó suelo infestado del nematodo agallador *Meloidogyne incognita*, parte del suelo se colectó de plantas de trueno (*Ligustrum lucidum*), ya que son hospederos del nematodo *Meloidogyne incognita* y el restante fue suelo que se colectó en parcelas de Matamoros, Coahuila con antecedentes de cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) que es considerado hospedante importante de este nematodo. Una vez colectados ambos suelos, se llevó a cabo la homogenización de estos.

3.7 Siembra

Después de haber realizado el muestreo del suelo a utilizar para el desarrollo de las plantas de lechuga, el día 23 de abril de 2021 se llenaron las 96 bolsas de 3 kg con suelo, para evitar la muerte de los nematodos expuestos al sol y al viento. Dichas macetas se colocaron sobre plásticos con el fin de que estas no tuvieran un contacto directo con el suelo. El día 24 de abril de 2021 se llenaron las bolsas faltantes, las macetas se etiquetaron con sus datos correspondientes, así como también se distribuyeron conforme al diseño experimental utilizado, posteriormente se aplicó un riego a las macetas.

Fecha, en pre siembra se llevaron a cabo aplicaciones de los productos formulados (Figura 2) (Abamectina (Abaneem 180), *Bacillus thuringiensis* var. kurstaki (Dipel DF) y *Paecilomyces lilacinus* (Chimal 6.53 PH) en los tratamientos a evaluar en las macetas, excepto el testigo sin aplicación, tal y como se muestra en el cuadro 5.

Cuadro 4. Tratamientos y dosis por evaluar en plantas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) para el control del nematodo agallador de la raíz (*Meloidogyne incognita*) en la UAAAN-UL, Torreón, Coah., México. 2021.

Tratamiento	Dosis
Abamectina (Abaneem 180)	10 ml/l agua
<i>Bacillus thuringiensis</i> var. kurstaki (Dipel DF)	5 g/l agua
<i>Paecilomyces lilacinus</i> (Chimal 6.53 PH).	5 g/l agua
Testigo	Sin aplicación



Figura 3. Producto que se utilizó durante el experimento

La siembra se realizó el día 01 de mayo efectuándolo después de un riego de pre-siembra al suelo. La profundidad de la siembra fue aproximadamente de 3 a 4 cm, se depositaron dos semillas a cada maceta para hacer eficaz la germinación de estas y selección posteriormente mediante un aclareo, quedando la planta más vigorosa para su posterior evaluación a los 40 días después de la emergencia.

3.8 Tratamientos

Los tratamientos consistieron en aplicaciones una vez por semana, se realizó con aspersoras manuales con capacidad de 1.2 L, los productos aplicados fueron los siguientes: *Paecilomyces lilacinus* (Chimal 6.53 PH), *Bacillus thuringiensis* var. kurstaki (Dipel DF), Abaneem 180 y un testigo al cual no se le realizó ninguna aplicación.

3.9 Emergencia

Las plántulas emergieron a los 5-6 días (Figura 3) después de la siembra, el día 07 de mayo de 2021 se observó un 90 % de emergencia en las macetas, los otros 10 % emergió un día después.



Figura 4. Primeras germinaciones de lechuga

3.10 Riego

Los riegos fueron ligeros, se aplicaron cada 2 a 3 días a partir de la siembra, esto con el objetivo de mantener la humedad del suelo lo más uniforme posible.

3.11 Labores culturales

Las actividades culturales que se realizaron durante el desarrollo de las plantas: el control de maleza y remoción del suelo en forma manual con ayuda de herramientas de campo (palita de jardín) (Figura 4), para que el suelo no se agrietara. Ambas prácticas culturales se hicieron dos veces por semana, para mantener al cultivo libre de maleza y para evitar un suelo compactado; ayudando a la entrada de oxígeno, agua y nutrientes. Asimismo, a los 12 días después de la emergencia se realizó el aclareo, dejando una sola plántula por maceta, para ser evaluada respectivamente.



Figura 5. Remoción de suelo

3.12 Fechas de aplicaciones

Las aplicaciones de los productos formulados a cada tratamiento se realizaron en las fechas que se muestran en el cuadro 6, siguiendo la dosis señalada, y las aplicaciones se realizó como se observa en la figura 5:

Cuadro 5. Aplicaciones de los productos formulados: Abamectina (Abaneem 180), *Bacillus thuringiensis* var. kurstaki (Dipel DF) y *Paecilomyces lilacinus* (Chimal 6.53 PH).

No. De aplicación	Fecha
1	30 de abril de 2021 (presiembr)
2	09 de mayo de 2021 (después de la emergencia)
3	18 de mayo de 2021 (después de la emergencia)
4	18 de mayo de 2021 (después de la emergencia)
5	25 de mayo de 2021(después de la emergencia)
6	31 de mayo de 2021 (después de la emergencia)
7	08 de abril de 2021 (después de la emergencia)
8	15 de mayo de 2021 (después de la emergencia)



Figura 6. Aplicación de tratamientos al cultivo



Figura 7. Plantas de lechuga 27 días después de haber germinado

3.13 Registro de datos

El día 11 de junio de 2021, a los 40 días después de la germinación se llevó a cabo la toma de datos de los parámetros para evaluar y determinar el vigor de las plantas (Figura 6). Primero, se extrajeron de las macetas las plantas con cierta humedad manejable, con apoyo de una pala pequeña, se colocaron en bolsas de polietileno etiquetadas, para evitar la contaminación y deshidratación. Posteriormente, la raíz fue lavada con agua a presión, para retirar completamente el suelo adherido a las raíces. Esta maniobra se realizó cuidadosamente para no dañar el sistema radicular de las plantas de lechuga.

Al terminar de remover el suelo de la raíz de las plantas de lechuga, las plantas se colocaron envueltas en papel periódico y se depositaron en el interior de polietileno debidamente etiquetadas con el número de cada tratamiento, para posteriormente ser trasladadas al Laboratorio de Parasitología de la UAAAN-UL para llevar a cabo las mediciones individuales de cada planta. Cabe mencionar que se tuvo que cortar el tallo de la raíz a la altura de la superficie del suelo para tomar los datos de diámetro del tallo mediante el uso de un vernier. Posteriormente se determinó el peso de la raíz

y el peso del follaje con la ayuda de una báscula electrónica. La altura de plantas se midió con una regla graduada de 30 cm. Por último, la evaluación del índice de agallamiento se realizó mediante observaciones al sistema radicular, para contar nódulos en cada planta de cada uno de los tratamientos y sus repeticiones con apoyo de un microscopio estereoscópico y basados con la metodología de Barker (1985).



Figura 8. Evaluación de los datos

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Considerando que las plantas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) variedad Baby sucrine se desarrollaron por cuarenta días bajo condiciones de macrotúnel, y en suelos completamente infestados del nematodo agallador *Meloidogyne incognita*, se obtuvieron los siguientes resultados

5.1 Vigor de las plantas

Para realizar la evaluación y determinar el vigor de las plantas, se tomaron los siguientes datos: diámetro de la base del tallo, longitud y peso de la raíz, longitud y peso del follaje e índice de agallamiento en los diferentes tratamientos. Posteriormente los datos recabados estuvieron sujetos a un análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey con una comparación $\alpha = 0.05$ utilizando el paquete de análisis estadístico SAS®, como también la escala propuesta por Barker (1985) para determinar únicamente el índice de agallamiento en el sistema radicular.

Considerando que las plantas de lechuga sembradas se desarrollaron bajo condiciones de un macrotúnel y con el suelo infestado de nematodo agallador *M. incognita*, se obtuvieron los siguientes resultados:

5.2 Diámetro del tallo

La evaluación del diámetro de la base del tallo de las plantas de lechuga después de 40 días de la emergencia, según la prueba de Tukey, demostró que los resultados del tratamiento de *Bacillus thuringiensis* con una media de 7.60 mm y Abaneem 180 con una media de 7.56 mm son

estadísticamente iguales, obteniendo el mayor grosor de tallo, mientras que el tratamiento con *Paecilomyces lilacinus* con 6.04 mm y el Testigo con una media de 6.13 mm presentan menor diámetro del tallo y son estadísticamente iguales (Cuadro 7. Figura 7).

Cuadro 6. Comparación de medidas en la evaluación de diámetro del tallo con las aplicaciones de cuatro tratamientos (*Bacillus thuringiensis*, Abaneem, *Paecilomyces lilacinus* y un testigo) en el cultivo de lechuga *Lactuca sativa* L. en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México. 2021.

Tratamientos	Dosis PF (ml/g) /L	Diámetro del tallo (mm)	Comparación ($\alpha=0.5$)
<i>Bacillus thuringiensis</i> var. kurstaki	5 g/l agua	7.6087	A
Abaneem 180 (Dipel DF)	10 ml/l agua	7.5652	A
Testigo	-----	6.1304	B
<i>Paecilomyces lilacinus</i>	5 g/l agua	6.0435	B

PF. Producto formulado

*Tratamiento con la misma letra son estadísticamente iguales según la prueba de Tukey al 0.05 %

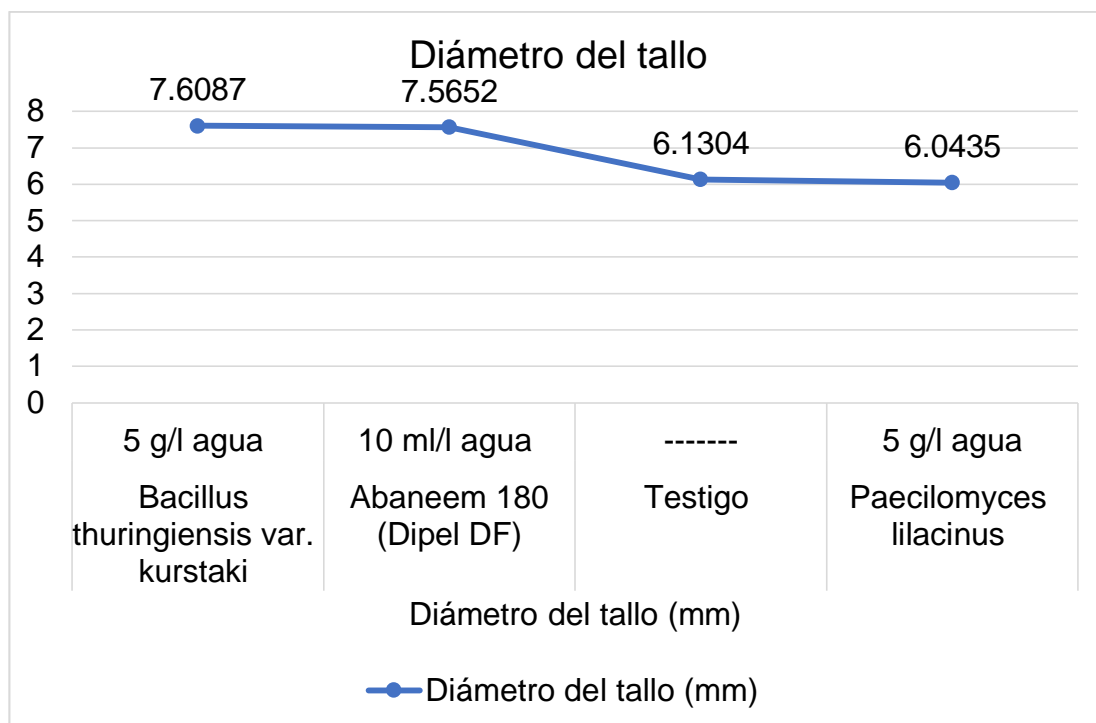


Figura 9. Medias en la evaluación de diámetro del tallo con las aplicaciones de cuatro tratamientos (*Abaneem 180*, *Bacillus thuringiensis*, *Paecilomyces lilacinus* y un testigo) en el cultivo de lechuga *Lactuca sativa* L. en la UAAAN-UL Torreón Coah., México 2021.

5.3 Longitud de la raíz

La evaluación de longitud de la raíz, con la comparación de medias en la prueba de Tukey (cuadro 8. Figura 8) muestran que el tratamiento con *Bacillus thuringiensis* con una media de 7.95 cm obtuvo los mejores resultados respecto a longitud de raíz, seguidos por *Abaneem 180* con 7.34 cm, el tratamiento Testigo con 6.91cm y *Paecilomyces lilacinus* con 6.69 cm de longitud de raíz, resultando estadísticamente iguales.

Cuadro 7. Comparación de medias en la evaluación de longitud de la raíz con las aplicaciones de cuatro tratamientos (*Bacillus thuringiensis*, *Abaneem 180*, *Paecilomyces lilacinus* y un testigo) en el cultivo de lechuga *Lactuca sativa* L. en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México 2021.

Tratamientos	Dosis PF (ml/g) /L	Longitud de raíz (cm)	Comparación ($\alpha=0.5$)	
<i>Bacillus thuringiensis</i>	5 g/l agua	7.9565	A	
Abaneem 180	10 ml/l agua	7.3478	A	B
Testigo	-----	6.9130	B	
<i>Paecilomyces lilacinus</i>	5 g/l agua	6.6957	B	

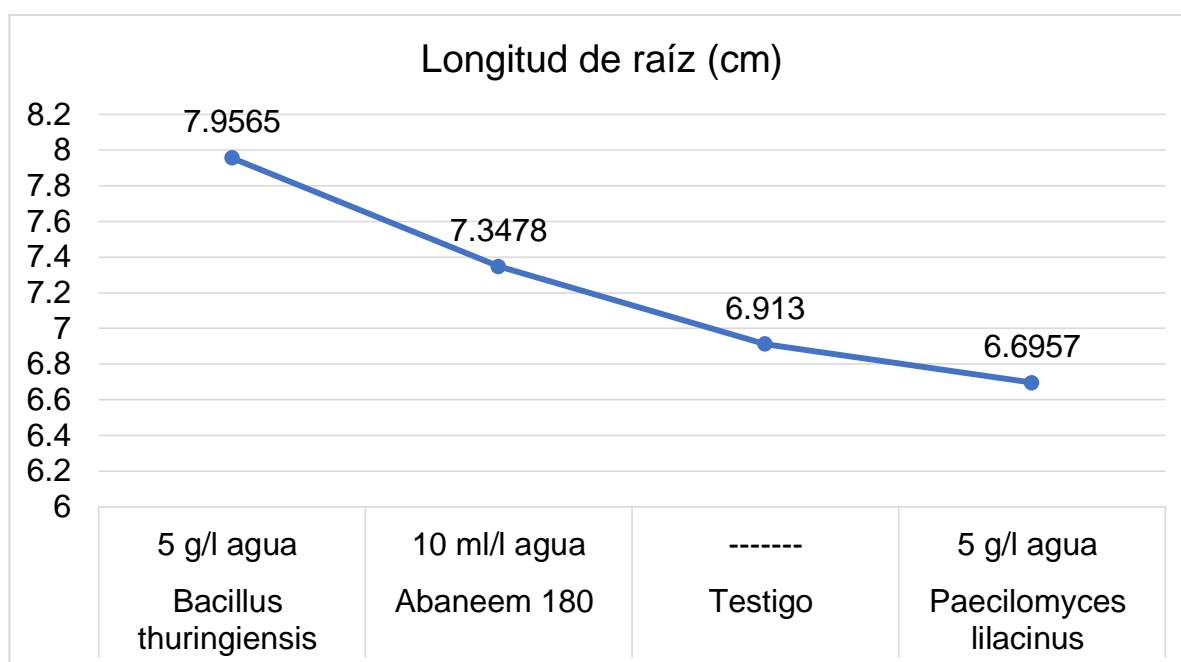


Figura 10. Medias de la evaluación del diámetro de longitud de la raíz con la aplicación de los tratamientos (*Bacillus thuringiensis*, Abaneem 180, *Paecilomyces lilacinus* y el testigo) en el cultivo de lechuga *Lactuca sativa* L. en la UAAAN-UL Torreón Coah., México 2021.

5.4 Longitud del follaje

La evaluación de la longitud del follaje con la comparación de medias de la prueba de Tukey señala que los tratamientos de *Bacillus*

thuringiensis con una media de 16.27 cm y Abaneem 180 con 16.20 cm de longitud de follaje resultaron estadísticamente iguales con los mejores resultados, seguidos por el Testigo sin aplicación que presentó una media de 15.56 cm y *Paecilomyces lilacinus* con una media de 15.20 cm, resultando ser estos estadísticamente iguales (cuadro 9. Figura 10).

Cuadro 8. Comparación de medias de la evaluación longitud del follaje con cuatro tratamientos (*Bacillus thuringiensis*, Abaneem, 180, *Paecilomyces lilacinus* y el testigo sin aplicación) en el cultivo de lechuga *Lactuca sativa* L., en la UAAAN-UL Torreón Coahuila, México 2021.

Tratamientos	Dosis PF (ml/g) /L	Longitud del follaje (cm)	Comparación ($\alpha=0.5$)	
<i>Bacillus thuringiensis</i>	5 g/l agua	16.2739	A	
Abaneem 180	10 ml/l agua	16.2087	A	
Testigo	-----	15.5652	A	B
<i>Paecilomyces lilacinus</i>	5 g/l agua	15.2000	B	

PF: Producto Formulado

*Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales según la prueba de Tukey al 0.05 %

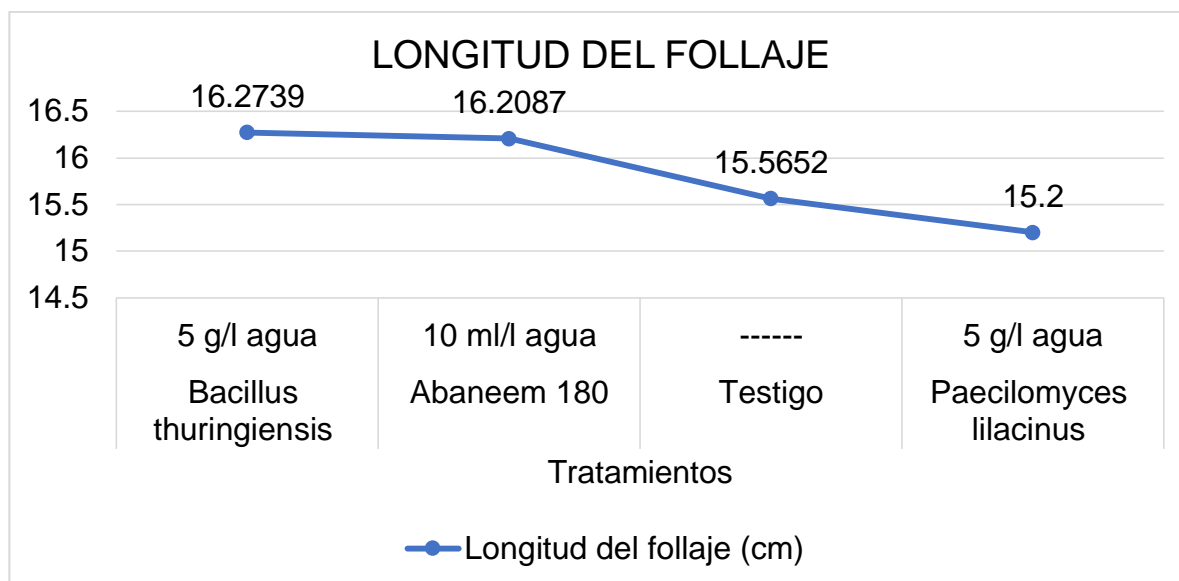


Figura 11. Medias en la evaluación de longitud del follaje, con las aplicaciones de cuatro tratamientos (*Bacillus thuringiensis*, Abaneem 180, *Paecilomyces lilacinus* y el testigo) en el cultivo de lechuga *Lactuca sativa* L., en la UAAAN-UL Torreón Coah., México 2021.

5.5 Peso del follaje

La evaluación del peso del follaje, con la comparación de medias en la prueba de Tukey nos demuestra que el tratamiento de Abaneem 80 obtuvo el mayor peso con 23.2609 g, seguido por *Bacillus thuringiensis* y *Paecilomyces lilacinus* que resultaron estadísticamente iguales con un peso de 23.21 g y 21.95 g respectivamente. Seguidos en último lugar por el tratamiento Testigo sin aplicación con una media de 23.26 g de peso del follaje (Cuadro 10 Figura 10).

Cuadro 1. Comparación de medias en la evaluación del peso del follaje con con las aplicaciones de cuatro tratamientos (*Bacillus thuringiensis*, Abaneem 180, *Paecilomyces lilacinus* y el testigo) en el cultivo de lechuga *Lactuca sativa* L., en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México, 2021.

Tratamientos	Dosis PF (ml/g) /L	Peso de follaje (g)	Comparación ($\alpha=0.5$)
Abaneem 180	10 ml/l agua	23.2609	A
<i>Bacillus thuringiensis</i>	5 g/l agua	23.2174	A B
<i>Paecilomyces lilacinus</i>	5 g/l agua	21.9565	B
Testigo	-----	16.8696	C

PF: Producto Formulado

*Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales según la prueba de Tukey al 0.05 %

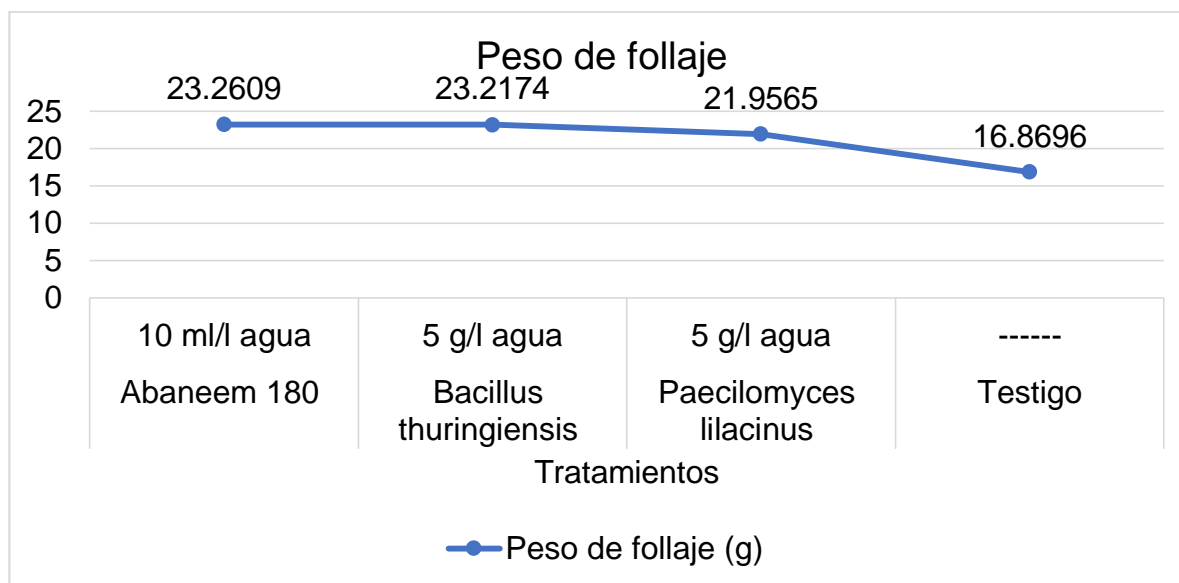


Figura 12. Medias en la evaluación del peso del follaje, con las aplicaciones de cuatro tratamientos (*Bacillus thuringiensis*, Abaneem 180, *Paecilomyces lilacinus* y el testigo) en el cultivo de lechuga *Lactuca sativa* L., en la UAAAN-UL Torreón Coah., México 2021.

5.6 Peso de la raíz

La evaluación del peso de la raíz con la comparación de medias en la prueba de Tukey, muestran que los cuatro tratamientos son

estadísticamente semejantes. Aunque los cuatro tratamientos fueron estadísticamente iguales el de mayor valor fue *Paecilomyces lilacinus* con una media de 2.63 g, seguido de Abaneem 180 con una media de 2.56 g, *Bacillus thuringiensis* con una media de 2.37 y posteriormente el testigo con una media de 2.29 g (Cuadro 11. Figura 11).

Cuadro 10. Comparación de medias en la evaluación del peso de la raíz con la aplicación de cuatro tratamientos (*Bacillus thuringiensis*, Abaneem 180, *Paecilomyces lilacinus* y un testigo) en el cultivo de lechuga *Lactuca sativa* L., en la UAAAN-UL Torreón, Coah., México 2021.

Tratamientos	Dosis PF (ml/g) /L	Peso de raíz (g)	Comparación ($\alpha=0.5$)
Paecilomyces <i>lilacinus</i>	5 g/l agua	2.6391	A
Abaneem 180	10 ml/l agua	2.5609	A
<i>Bacillus thuringiensis</i>	5 g/l agua	2.3739	A
Testigo	-----	2.2913	A

PF: Producto Formulado

*Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales según la prueba de Tukey al 0.05 %

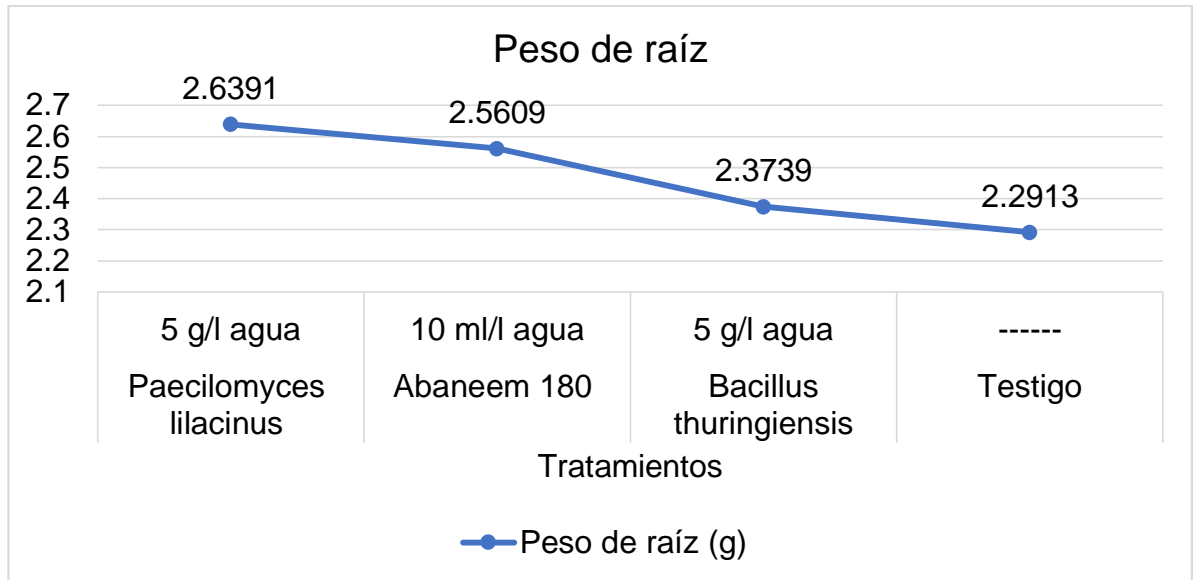


Figura 13. Medias de evaluación del peso de la raíz, con la aplicación de cuatro tratamientos (*Bacillus thuringiensis*, Abaneem 180, *Paecilomyces lilacinus* y un testigo) en el cultivo de lechuga *Lactuca sativa* L., en la UAAAN-UL Torreón Coah., México, 2021.

5.7 Índice de agallamiento radicular

Evaluación del índice del agallamiento radicular con la comparación de medias en la prueba de Tukey señala que el de mayor significancia fue el testigo con una media de índice de agallamiento de 13.26, mientras que el resto de los tratamientos mostraron valores estadísticamente iguales; los tratamientos con *Bacillus thuringiensis* y *Paecilomyces lilacinus* presentaron una media de 1.34 y Abaneem 180 una media de 0.95 de índice de agallamiento radicular (Cuadro 12. Figura 12).

Cuadro 2. Comparación de medias en la evaluación del índice de agallamiento radicular con la aplicación de los tratamientos (*Bacillus thuringiensis*, Abaneem 180, *Paecilomyces lilacinus* y un testigo) en el cultivo de lechuga *Lactuca sativa* L., en la UAAAN-UL Torreón Coah., México, 2021.

Tratamientos	Dosis PF (ml/g) /L	Índice de agallamiento radicular	Comparación ($\alpha=0.5$)
Testigo	-----	13.2609	A
<i>Bacillus thuringiensis</i>	5 g/l agua	1.3478	B
<i>Paecilomyces lilacinus</i>	5 g/l agua	1.3478	B
Abaneem 180	10 ml/l agua	0.9565	B

PF: Producto Formulado

*Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales según la prueba de Tukey al 0.05 %

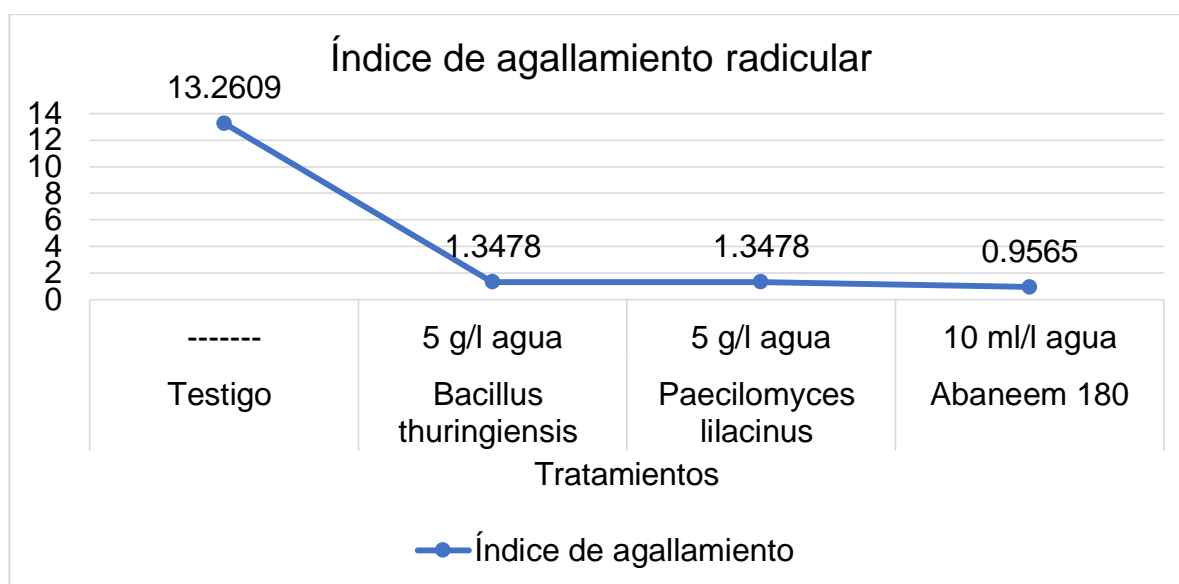


Figura 14. Medias de índice del agallamiento radicular, con la aplicación de cuatro tratamientos (*Bacillus thuringiensis*, Abaneem 180, *Paecilomyces lilacinus* y un testigo) en el cultivo de lechuga *Lactuca sativa* L., en la UAAAN-UL Torreón Coah., México, 2021.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

✓ En la evaluación del diámetro del tallo de la lechuga después de 40 días de la emergencia, el tratamiento de *Bacillus thuringiensis* y Abaneem 180, mostraron ser los mejores productos que produjeron mayor diámetro del tallo.

✓ De los resultados que se obtuvieron en la evaluación de la longitud de la raíz con la comparación de la prueba de Tukey del tratamiento con *Bacillus thuringiensis* mostró ser el producto que obtuvo el mayor incremento en longitud radicular de lechuga.

✓ Respecto a los datos obtenidos en la evaluación de longitud del follaje de esta variedad de lechuga con la comparación de medias con la prueba de Tukey, nos muestra que los tratamientos con mayor eficacia fueron *Bacillus thuringiensis* y Abaneem 180.

✓ Al evaluar el peso del follaje con la prueba de Tukey, el tratamiento con Abaneem 180, presentó el mayor peso en esta variedad de lechuga.

✓ En lo que se refiere a la evaluación del peso de la raíz de esta variedad de lechuga, se encontró que todos los tratamientos se comportaron iguales estadísticamente hablando.

✓ En cuanto al índice de agallamiento radicular causados por el nematodo nodulador *Meloidogyne* spp. De acuerdo con la escala de Baker (1985) los 3 productos formulados resultaron ser estadísticamente

iguales, presentando un menor índice de agallamiento en comparación con el testigo sin aplicación que presentó el mayor índice de agallamiento de 13.26 de acuerdo con la escala de Baker (1985). Cabe hacer mención que *Bacillus thuringiensis* y *Paecilomyces lilacinus* presentaron ambos un índice de agallamiento de 1.34 y el tratamiento con Abaneem 180 con 0.95 fue el que menor índice de agallas presentó, por lo que al usar neem como alternativa para el control de nematodos fitopatógenos presenta eficientes resultados. Se demuestra que las formulaciones basadas en Neem tienen un alto potencial nematocida tal como señalan Alam en 1990 y Moiumder en 1995.

✓ Dada la contaminación al ambiente que provoca los plaguicidas químicos, la mejor opción para el manejo de plagas es el control biológico y en esta investigación se demostró que los productos biológicos de *Bacillus thuringiensis*, *Paecilomyces lilacinus* y Abaneem 180 son muy efectivos para el control de nematodos *Meloidogyne incognita* en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.).

VI. LITERATURA CITADA

- Agrios G.N. 1997. Plant Pathology. 4thEd. San Diego: Academic Press. 635 p.
- Agroquímicos Versa. 2020. Chimal. Hoja Despegable
- Alagarda J. P., C. Jorda G. y A. Alfaro G. 1985. Dispersión y reservorios naturales del virus del mosaico de la lechuga (LMV): una nota. Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas, 11(2), pp. 251–259.
- Almodóvar W. I. 2001. Enfermedades de la Lechuga. Colegio de Ciencias Agrarias. Servicio de Extensión Agrícola, Colegio de Ciencias Agrícolas, Universidad de Puerto Rico. Marzo, pp. 1–5.
- Andrés M. F. 2002. Estrategias en el control y manejo de nematodos fitoparasitos. Ciencia y Medio Ambiente -CCMA-CSIC, pp. 221–227.
- Angulo M. A. E., A. A. Gardea B., R. Vélez R., R. S. García E., A. Carrillo F., C. Cháidez Q. y J. I. Partida L. 2004. Contenido de azadiractina a en semillas de nim (*Azadirachta indica* A. JUSS) colectadas en Sinaloa, México. Revista Fitotecnia Mexicana, 27(4), pp. 305–311.
- Arias L. A., L. A. Tautiva, W., Piedrahíta, y B., Chaves. 2007. Evaluación de tres métodos de control del Moho blanco (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary) en lechuga (*Lactuca sativa* L.). Agronomía Colombiana, Volumen 25(1), pp. 131–141.
- Avena B. A., C. Ceceña D., D. González M., O. Grimaldo J. y D. Durán H. 2016. Conducta poblacional de fitonematodos en cultivos agrícolas en el valle de Mexicali, Baja California pp.13-14.
- Ávila E. P. 2015. Manual Lechuga. Camara de Comercio de Bogotá. [En línea]. <https://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/handle/11520/14316/Lechuga.pdf?seque> pp.7-54. [Fecha de consulta: 25/05/2021].
- Baró D., B., y E. Massó V. 2013. Efectos provocados por *Bacillus thuringiensis* cepa-13 sobre *Chrysopa exterior* en condiciones de laboratorio. Fitosanidad,

17(1), pp. 25–30.

- Beer de E. F. L. 2010. The efficacy of abamectina in reducing plant-parasitic nematodes in cotton. North Western University. South Africa. Magister Science Dessertation. 124p.
- BioEnciclopedia. 2015. Planta de lechuga, Usos y Características. [En línea]. <https://www.bioenciclopedia.com/lechuga/%0Ahttps://www.bioenciclopedia.com/sandia/> [Fecha de consulta: 01/06/2021].
- Bobadilla E. E. S., G. Rivera H. y L. E. Del Moral B. 2013. Establecimiento de curvas de absorción para dos tipos de lechuga bajo el sistema hidropónico de NFT modificado. *Revista Análisis Económico*, 2(59), pp. 1–63.
- Carmona A. 2002. Aislamiento y caracterización parcial de una cepa de *Bacillus thuringiensis* tóxica a *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera noctuidae). *Bioagro*, 14(1), pp. 3–10.
- Carrillo J. A. F., R. S. García E., R. Allende M., I. Márquez Z. y J. E. Cruz O. 2000. Identificación y Distribución de Especies del Nematodo Nodulador (*Meloidogyne* spp.) en Hortalizas, en Sinaloa, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 18(2), pp. 115–119.
- Castro L. L. Flores, L. Uribe. 2010. Efecto del vermicompost y quitina sobre el control de *Meloidogyne incognita* en tomate a nivel de invernadero. *Agronomía Costarricense*. Vol.35, num. 2, pp. 21-32.
- Castro J. A., Z. y R. López C. 1981. Respuesta de dos cultivares de lechuga (*Lactuca sativa* L.) a densidades crecientes de inculo de *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood!*. *Agronomia Costarricense*, 5, pp.65–73.
- Cepeda S. M. 2001. Nematodos de los frutales. Editorial Trillas, S.A de C.V. Méxio, D.F. pp. 132-138.
- Cid del Prado V. I., A. Tovar S., y J. A. Hernández. 2001. Distribución de Especies y Razas de *Meloidogyne* en México. *Mexicana de Fitopatología*, p.19.

- Coyne D. L., J. M. Nicol y B. Claudius C. 2007. Nematología práctica : Una guía de campo y laboratorio. SP-IPM Secretariat, International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Cotonou, Benin. p.82.
- Crozzoli R. 2002. Especies de nematodos fitoparasíticos en Venezuela. Interciencia, volumen 27(7), pp. 354–364.
- Cruz C. A., L. C. Hortúa L., G. Moreno F. y A. C. González P. 2017. Evaluación del Efecto de *Azadirachta indica* y *Thymus vulgaris* sobre el recuento de huevos de helmintos y coccidias en corderos. Redvet, volumen 18(9), 41 pp.1-13.
- Cruz F. G., M. Cepeda S., F. D. Hernández C., Y. M. Ochoa F., E. Cerna C. y D. M. Morales A. 2014. Efectividad biológica de extractos de *Carya illinoensis* , para el control de *Meloidogyne incognita* * Biological effectiveness of *Carya illinoensis* extracts for *Meloidogyne incognita* management Resumen. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 5, pp. 1317–1323.
- Delgado I. D., M. Sandoval V., M. N. Rodríguez M. y E. Cárdenas S. 2006. Aplicaciones foliares de calcio y silicio en la incidencia de mildiu en lechuga. Terra Latinoamericana, 24(1), pp. 91–98.
- Dughetti A. C., D. Kirschbaum S. y V. Conci C. 2017. Especies de virus y pulgones encontrados en cultivos de frutilla en Argentina. Revista de Investigaciones Agropecuarias, 43(1), 36–50.
- El Siglo de Torreón. 2020. Resumen Económico y de Noticias 2020. Torreón, Coah., México. p. 48.
- Eritorbato E. y B. Acelerador. 1977. Ficha Técnica Nemaфин (*Paecilomyces lilacinus*). 3p.
- Espinoza G. 2020. Lechuga, *Lactuca sativa*, características, cultivo, beneficios y propiedades. [En línea]. <https://naturaleza.paradais-sphynx.com/plantas/verduras/lechuga-lactuca-sativa.htm> [Fecha de consulta: 23/05/2021].

- Fernández-santillán G., L. Cerna R. y J. Chico R. 2016. Eficacia de *paecilomyces lilacinus* en el control *Meloidogyne incognita* que ataca al cultivo de *Capsicum annum*, "pimiento piquillo". volumen 20(3), pp. 109–119.
- Gandarilla H., B., O. Rivas B. y E, Fernández G. 2014. Fitonemátodos asociados a los cultivos de frutos tropicales. *Fitosanidad*, 18(3), 187–197.
- García-Prieto L., D. Osorio S. y D. R. Lamothe A. 2014. Biodiversity of Nematoda parasites of vertebrates in Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(SUPPL.).
- Gómez L., M. G. Rodríguez y R. Enrique. 2009. Efectividad de *Lactuca sativa* usada como planta trampa de *Meloidogyne* spp. en la producción protegida de hortalizas. *rev. Protección Veg.*, 24(3), pp. 173–176.
- Guzmán O. A. P., C. Zamorano M. y H. D. López N. 2020. Interacciones fisiológicas de plantas con nematodos fitoparásitos: una revisión. *Bol. Cient. Mus.Hist. Nat. U. de Caldas*, 24(2), pp. 190–205.
- Guzmán R. A. P., B. Hernández F., F. Franco N. y M. Cadena Hinojosa. 2008. Nematodos agalladores en la vega de metztitlán, Hidalgo, México: identificación, distribución espacial introducción. Los nematodos agalladores del género *Meloidogyne* son endoparásitos obligados con un rango de hospedantes que abarca más de 3000 especies. *Nematropica*, pp. 47–61.
- Intagri 2017. Control de Nematodos desde una Perspectiva Integral (pp. 1–8). [En línea]
<https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/control-de-nematodos-desde-una-perspectiva-integral> [Fecha de consulta: 31/06/2021].
- Invernal, É. 2010. Guía del cultivo de lechuga en invernadero. pp. 5–7. [En línea]
<https://www.intiasa.es/repositorio/images/docs/GUIALECHUGA0.pdf>
[Fecha de consulta: 05/06/2021].
- Jaramillo-Pineda J., M. Guerrero O., J. A. Fuentes G., J. M. Viader S., J. L. Meza G.

- y L. H. Morales R. 2015. Identification of *Meloidogyne* species by sequencing of internal transcribed spacer regions of ribosomal DNA of juvenile stages. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 33(1), pp. 1–11.
- Koppert 2021. Pulgón verde de las solanáceas “*Macrosiphum euphorbiae*” - Hortoinfo. [En línea] <https://www.koppert.mx/retos/pulgones/pulgon-verde-de-las-solanaceas/> [Fecha de consulta: 07/09/2021].
- Khalil, M. S. 2013. Abamectin and Azadirachtin as Eco-friendly Promising Biorational Tools in Integrated Nematodes Management Programs. Central Agricultural Pesticides Laboratory, Agricultural Research Center, El-Sabaheya, Alexandria, Egypt. *J Plant Pathol Microb.* 124p.
- Lara A. Y. I., A. N. Rojas V., M. J. Romero M., H. M. Ramírez T., E. Cruz C., J. A. Alcalá J. y C. Loredó O. 2019. Crecimiento y acumulación de NO₃ en lechuga hidropónica con relaciones nitrato/ amonio en dos estaciones de cultivo. *Revista fitotecnia mexicana*, vol. 42, núm. 1, pp. 21-29.
- Lezaun J. 2001. Nematodos Fitoparásitos - CropLife Latin America p. 19. [En línea] <https://www.croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/nematodos-fitoparasitos> [Fecha de consulta: 02/08/2021].
- Llopart E. E., A. Basso, P. Bethular y V. Pontello. 2017. Contenido de arsénico en plantas de lechuga cultivadas en la ciudad de Funes. *Invenio*, 20(38), pp. 71–79.
- Maluf W. R., S. M. Acevedo., L. A. Gómez A., y A. C. Barneche. 2002. Inheritance of resistance to the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* in lettuce. *Genet. Mol. Res.* 1(1):64-71. [en línea]. http://www.funpeerp.com.br/gmr/year2002/vol11/gmr0008_full_text.html. [fecha de consulta: 26/08/2021].
- Mancebo A., B. González N., L. Riera, S. Lugo, Y. González T., M. E. Arteaga y D. Fuentes. 2005. Evaluación de la patogenicidad en ratas del *Paecilomyces lilacinus* LPL-01 utilizando vías diferentes de exposición. *Revista de*

- Toxicologia, 22(3), pp. 185–190.
- Mancebo A., B. González N., L. Riera, S. Lugo, Y. González T., M. E. Arteaga y D. Fuentes. 2003. Evaluación de la toxicidad/patogenicidad de una formulación de *Bacillus thuringiensis* var *israelensis* (Bactivec). *Revista de Toxicología*, 20(3), pp. 204–209.
- Márquez G.M.E. y E. Fernández. 2006. Selección de cepas de *Bt* con efecto nematocida. *Manejo de plaga y Agroecología (Costa Rica)* N° 78. 69p.
- Márquez M. E., L. Garmendia, E. Fernández y M. Escobar. 2004. Cepas de *Bacillus thuringiensis* con actividad biológica contra *Meloidogyne incognita*. *Fitosanidad*, 8(3), pp. 31–35.
- Martínez F.E. M., y G. A. Garcés V. 2010. Crecimiento y producción de lechuga (*Lactuca sativa* L. var. romana) bajo diferentes niveles de potasio. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 4(2), pp. 185–198.
- Martínez C. G., A. Lara H., L. E. Padilla B., M. Luna F., J. J. Avelar M. Y J. J. Llamas L. 2015. Evaluación Técnica Y Financiera Del Cultivo De Lechuga En Invernadero, Como Alternativa Para Invierno. *Terra Latinoamericana*, 33(3), pp. 251–260.
- Matamoros M. 2014. Los moluscos fitófagos en la agricultura cubana. *Agricultura Orgánica*, 20(2), pp. 9–13.
- Monzón A., I. Herrera y E. R. Méndez T. 2009. Uso y manejo bioplaguicidas a base de *Paecilomyces lilacinus* para el control de nematodos fitoparásitos. *UNA Universidad Nacional Agraria*, pp. 3–13.
- Nava U. C. y P. Cano R. 2000. Umbral económico para la mosquita blanca de la hoja plateada en melón en la Comarca Lagunera, México. *Agrociencia*, 34(2), pp.227–234.
- Navarro G. M. 2016. *Manejo Integrado de Nematodos en Cultivos Hortícolas*. FMC. Guadalajara, Jalisco, México. 186 p.

- Neri J. C. C., F. E., Oclocho G., E. Huamán H. y R. Collazos S. 2017. Influencia de la aplicación de biopreparados en el rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.). *Revista de Investigación En Agroproducción Sustentable*, 1(2), pp. 32–39.
- Olmo A. 2019. Estados de México productores de lechuga en 2019. In *Blog agricultura*. [En línea]. <https://blogagricultura.com/estados-productores-lechuga-2019/> [Fecha de consulta: 04/ 09/2021].
- Parrilla R. 1984. *Meloidogyne* (Nemátodos de los nódulos radiculares). *Horticultura*, 13, pp. 41–47.
- INFO DATA Pples. 2020 [En línea]. https://www.google.com.mx/search?q=pples+países+productores+de+lechuga&tbm=isch&ved=2ahUKEwjMosaxvpPzAhUV76wKHQvQB5UQ2-cCegQIABAA#imgrc=6_ejlrLm7akWLM [Fecha de consulta: 08/09/2021].
- Pérez-Almeida, I., A. Vargas G., D. Pérez, J. Muñoz y S. Malyshev. 2015. Presencia del marcador Mi-23 de resistencia a *Meloidogyne incognita* como apoyo a la caracterización del germoplasma de tomate en Venezuela. *Bioagro*, 27(1), pp. 11–16.
- Pérez Moreno L., G. H. Niño M., B. Mendoza C., M. F. León G., L. Robles H. y A. C. González F. 2016. Pathogenic viruses incidence, severity and detection in lettuce, in the state of Queretaro, Mexico. *Acta Universitaria*, 26(2), pp. 3–11.
- Pertierra R. L., y J. Quispe G 2020. Análisis económico de lechugas hidropónicas bajo sistema raíz flotante en clima semiárido. *La Granja*, 31(1), pp. 118–130.
- Pinzón L. F. E., J. Candelero C., J. M. Tun S., V. Reyes O. y J. C. Alejo. 2015. Control de *Meloidogyne incognita* en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) con la aplicación de *Trichoderma harzianum* *Meloidogyne incognita*. *Fitosanidad*, 19(1), pp. 5–11.

- PROANSA (Proveedora Agrícola del Norte S.A D E C.V. 2017 Abaneem. Hoja despegable.
- Quintero I., J. Zambrano, M. Cabrita y R. Gil. 2000. Evaluación en campo y postcosecha de nueve cultivares de lechuga *Lactuca sativa* L. Revista de La Facultad de Agronomía, Trujillo, Venezuela, 17(6), pp. 482–491.
- Robinson J. 2010. Diagnóstico y control del nemátodo de los nódulos en tomate - Hortalizas. [En línea]. <https://www.hortalizas.com/miscelaneos/diagnostico-y-control-del-nematodo-de-los-nodulos-en-tomate/> [Fecha de consulta: 27/07/2021].
- Robledo D'Angelo, O. 2016. Enfermedad de marchitamiento fúngico en plántulas de lechuga: un modelo didáctico-experimental para la enseñanza de los postulados de Koch. Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias., 13(3), pp. 680–685.
- Román J. y Acosta N. 1984. Nematodos Diagnostico y Combate.pdf Universidad de Puerto Rico, Servicio de Extención Agrícola, p. 29.
- Saavedra G. del R., F. Corradini S., A. Antúnez B., S. Felmer E., P. Estay P. y P. Sepúlveda R. 2017. Manual de producción de lechuga. Laryngo-Rhino-Otologie, 73(07), pp. 394–399.
- Salazar W. A., y T. J. Guzmán H. 2013. Efecto de poblaciones de *Meloidogyne* sp. en el desarrollo y rendimiento del tomate. Agronomía Mesoamericana, 24(2), pp. 419–426.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. 2019. Conozcamos un poco más sobre la lechuga. [En línea]. <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/sin-abejas-que-seria-de-la-agricultura?idiom=es> [Fecha de consulta: 02/06/2021].
- SENASICA. 2016. Nematodo agallador *Meloidogyne exigua* Göldi. 9.
- Sepúlveda, P. R. 2018. Oídio en lechuga. pp. 5–6. [En línea]. <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/FichasT/NR41194.pdf> [Fecha de

consulta: 20/07/2021].

- Sepúlveda P. R. 2017. Enfermedades causadas por hongos y su manejo. Redagícola. p. 1. [En línea]. <https://www.redagricola.com/cl/enfermedades-causadas-hongos-manejo/> [Fecha de consulta: 20/09/2021].
- SIAP. 2018. Lactuca sativa L: tipos y variedades que se producen en México. In 2 de Mayo 2018. [En línea]. <https://www.gob.mx/siap/articulos/lactuca-sativa-l-tipos-y-variedades-que-se-producen-en-mexico?idiom=es> [Fecha de consulta: 28/05/2021].
- Solano S. G., A. Esquivel H., R. Molina B. y B. Morera B. 2015. Identificación de especies de Meloidogyne asociadas a plantas ornamentales de altura en Costa Rica. In Agronomía Mesoamericana (Vol. 26, Issue 2, p. 247).
- Stefanova M., y Y. Hernández. 1999. Nueva bacteriosis en el cultivo de lechuga (Lactuca sativa L.) en Cuba. Ceiba, 40(2), p. 4.
- Syngenta. 2018. Plagas en Lechuga - Pulgones de la Lechuga. [En línea]. <https://www.syngenta.es/cultivos/lechuga-escarola-espina/plagas/pulgones> [Fecha de consulta: 07/09/2021].
- Talavera M. R., T. salmerón P., E. Flor P., M. D. Vela D., M. Chiroso R., M. M. Fernández F. y S. Vardejo L. 2014. Manejo integrado de nematodos fitoparásitos en cultivos hortícolas. Servifapa, pp. 1–22.
- Talavera M. R. 2003. Manual de nematología agrícola. Introducción al análisis y al control nematológico para agricultores y técnicos de agrupaciones de defensa vegetal. Instituto de Recerca de Formación Agraria y Pesquera. p. 283.
- Talavera M. R., y S. Vardejo L. 2015. Gestión de nematodos fitoparásitos - Horticultura. [En línea]. <http://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/133376-Gestion-de-nematodos-fitoparasitos.html> [Fecha de consulta: 02/08/2021].

- Terralia. 2019. Información técnica Actualizada sobre productos Fitosanitarios y Nutricionales para la agricultura convencional y orgánica, noticias y empresas del sector. BACILLUS THURINGIENSIS var Kurstaki: Productos ecológicos. [en línea]. https://www.terralia.com/productos_e_insumos_para_agricultura_ecologica/view_composition?composition_id=10360 [fecha de consulta: 21/08/2019].
- Valdivia H. B. Z. y G. Almanza V. 2016. Evaluation of the Effect of Macronutrients From Human, Revista Boliviana de Química, p. 33.
- Valenciaga N., M. F. Días y C. Mora. 2007. Efectividad de dos extractos del árbol del Nim (*Azadirachta indica* A. Juss) en el control de insectos-plaga asociados al cultivo de la vigna (*Vigna unguiculata* Walpeers) var. Trópico 782. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 41(3), 2 pp. 85–289.
- VALENT. 2017. Valent de México:: Productos :: Insecticidas :: Dipel. [en línea]. <http://www.valent.mx/productos/insecticidas/dipel.php> [fecha de consulta: 20/09/2021].
- Valladares G., A. Salvo y E. saini. 2011. Moscas minadoras del girasol y sus enemigos naturales. RIA: Revista Investigaciones Agropecuarias, 37(2), pp. 180–188.
- Vardejo, L. S. 2009. Manejo integrado de nematodos. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, 53(9), pp. 1689–1699.
- Vicente, N. 2012. Conjunto Tecnológico para la Producción de Calabaza. Departamento de Cultivos y Ciencias Agroambientales, Estación Experimental Agrícola, Colegio de Ciencias Agrícolas, Recinto Universitario de Mayagüez, Universidad de Puerto Rico. p. 155.
- Wei J. Z., K. Hale, L.K. Karla y R.V. Aroian. 2001. Are Bt toxins nematicides? Phytopathology 91: S145- 2001.

Zavaleta, M. E. 2000. Management Alternatives for Plant Diseases. *Revista Terra Latinoamericana*, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo.17, pp. 201–207.